

**ZONIFICACIÓN DE AMENAZAS POTENCIALES GEOLÓGICAS DEL CASCO  
URBANO DEL DISTRITO DE SANTA MARTA**

**FREDY ADOLFO MAZENET GONZALEZ  
VLADIMIR ILICH ARENAS QUINTERO**

**UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL  
ÁREA DE GEOTECNIA  
SANTA MARTA D.T.C.H.  
2003**

**ZONIFICACIÓN DE AMENAZAS POTENCIALES GEOLÓGICAS DEL CASCO  
URBANO DEL DISTRITO DE SANTA MARTA**

**FREDY ADOLFO MAZENET GONZALEZ  
VLADIMIR ILICH ARENAS QUINTERO**

**Proyecto para optar al título de Ingeniero Civil**

**Director  
GUILLIAM BARBOZA MIRANDA  
Ingeniero Civil, MSc Geotecnia**

**UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL  
ÁREA DE GEOTECNIA  
SANTA MARTA D.T.C.H.  
2003**

**Nota de aceptación**

---

---

---

---

---

**Jurado**

---

**Jurado**

**Santa Marta, 30 de Junio de 2003.**

Dedico este trabajo primero que todo a:

Ser supremo que me brinda su amor incondicional, modelo y ejemplo de vida, quien me guía por el camino de la verdad, salvación y me da apoyo en mi desamparo, esa persona omnipotente eres tú mi Dios.

Mi madre, Ruth, a quien debo todo lo que soy, todo se lo dedico a ella, esa persona que se esforzó por educarme y no dudo en quitarse el pan de la boca para ofrecérmelo, también por apoyarme a cada momento y ofrecerme su ayuda incondicional para hacer posible esta realidad.

Mi hermana, Nemy, porque siempre estuvo apoyándome cuando más lo necesitaba y por su consejos que hicieron de mi una persona responsable y trabajadora.

Mi padre, Freddy, porque siempre confió en mi y sabía que llegaría alcanzar esta realidad.

Mi novia, Kendry, por su apoyo incondicional.

**FREDY MAZENETT GONZÁLEZ**

Le dedico este triunfo a:

Dios primero que todo, por que nunca me ha desamparado y siempre me da la fuerza necesaria para triunfar.

Mis padres Manuel y Emilde a quienes amo con todo mi corazón, y quienes soportaron y afrontaron las dificultades por las cuales pasamos y de las cuales logramos salir, para seguir levantando la cabeza.

Mi linda esposa Margarita que junto con mi pequeña hija Leanis, hicieron posible terminar esta tarea tan esperada.

Mis abuelo por la gran fé que tuvieron en mí.

Mis hermanos Marvin, Alexander, Miriam y Edwin quienes me apoyaron y confiaron en mí constantemente.

Y a mis amigos como Saúl, Deivis, Hernando, Jorge y Jairo quien me estimularon a seguir adelante.

Es por eso que hoy le doy gracias a Dios por darme estas personas que son lo mas importante en vida.

Que mí Dios los Bendiga.

**VLADIMIR ILICH ARENAS QUINTERO**

## **AGRADECIMIENTOS**

De manera sincera queremos expresar nuestro agradecimiento a todas las personas que con su confianza y apoyo hicieron posible este triunfo.

**JORGE CORRALES**, Ingeniero Geólogo que actualmente presta su servicio a la empresa METROAGUA, quien nos brindó su amistad incondicional y fue una de las personas que estuvo a cada momento ayudándonos para la realización de este gran proyecto.

**GULLIAM BARBOSA**, Ingeniero Civil, con Maestría en Geotecnia, Director del proyecto, Amigo, quien nos guió sobre el tema para la realización de este proyecto y nunca se negó en atendernos y siempre nos dedicó su valioso tiempo.

**ALLEX ALVAREZ**, Ingeniero Civil, con Maestría en Ingeniería Civil, Área Infraestructura Vial, profesor del área de Pavimentos en la Universidad del Magdalena, por haber guiado nuestras inquietudes sobre algunos temas en la realización de este proyecto sin ninguna abnegación.

## **CONTENIDO**

	<b>pág.</b>
<b>PRESENTACIÓN</b>	<b>20</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	<b>21</b>
<b>2. OBJETIVOS</b>	<b>23</b>
<b>2.1 GENERAL</b>	<b>23</b>
<b>2.2 ESPECIFICOS</b>	<b>23</b>
<b>3. ANTECEDENTES</b>	<b>24</b>
<b>4. MARCO TEORICO CONCEPTUAL</b>	<b>26</b>
<b>4.1 FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA</b>	<b>26</b>
<b>4.1.1 Derrumbes</b>	<b>26</b>
<b>4.1.2 Volcamiento</b>	<b>26</b>
<b>4.1.3 Reptación</b>	<b>27</b>
<b>4.1.4 Deslizamiento</b>	<b>27</b>
<b>4.2 HUNDIMIENTO Y AGRIETAMIENTO DE SUELO</b>	<b>34</b>
<b>4.2.1 Hundimiento</b>	<b>34</b>
<b>4.2.2 Agrietamiento</b>	<b>34</b>



<b>4.3 EROSIÓN</b>	<b>35</b>
<b>4.3.1 Erosión Laminar</b>	<b>36</b>
<b>4.3.2 Erosión en Surcos</b>	<b>36</b>
<b>4.3.3 Erosión en Cárcavas</b>	<b>36</b>
<b>4.3.4 Erosión Diferencial</b>	<b>36</b>
<b>4.3.5 Erosión Concentrada</b>	<b>36</b>
<b>4.4 DEFINICIÓN DE TERMINOS</b>	<b>38</b>
<b>4.4.1 Riesgo</b>	<b>38</b>
<b>4.4.2 Amenaza</b>	<b>38</b>
<b>4.4.3 Elementos en Riesgo</b>	<b>40</b>
<b>4.4.4 Vulnerabilidad</b>	<b>40</b>
<b>4.4.5 Susceptibilidad</b>	<b>41</b>
<b>4.4.6 Suelos Coluviales</b>	<b>42</b>
<b>4.4.7 Suelos Aluviales</b>	<b>42</b>
<b>4.4.8 Suelos Residuales</b>	<b>42</b>
<b>4.4.9 Desastre</b>	<b>42</b>
<b>4.4.10 Pluviómetro</b>	<b>43</b>

<b>4.4.11 Erodabilidad</b>	<b>43</b>
<b>5. HIPÓTESIS</b>	<b>44</b>
<b>6. JUSTIFICACIÓN</b>	<b>45</b>
<b>7. MATERIALES UTILIZADOS</b>	<b>46</b>
<b>8. METODOLOGÍA</b>	<b>47</b>
<b>8.1 SELECCIÓN Y MEDICIÓN DE LAS VARIABLES</b>	<b>47</b>
<b>8.1.1 Tipo de Material (M)</b>	<b>47</b>
<b>8.1.2 Relieve ( R )</b>	<b>50</b>
<b>8.1.3 Drenaje (D)</b>	<b>50</b>
<b>8.1.4 Erosión (E)</b>	<b>52</b>
<b>8.1.5 Clima (C)</b>	<b>52</b>
<b>8.1.6 Vegetación (V)</b>	<b>52</b>
<b>8.1.7 Sísmicidad (S)</b>	<b>52</b>
<b>8.1.8 Evidencia de Procesos Antiguos de Inestabilidad (F)</b>	<b>52</b>
<b>8.2 RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN</b>	<b>54</b>
<b>8.3 ELABORACIÓN DE MAPAS TEMÁTICOS</b>	<b>54</b>
<b>8.4 IMPLEMENTACIÓN DEL S.I.G</b>	<b>55</b>

<b>8.5 ELABORACIÓN DE MAPAS DEFINITIVOS</b>	<b>55</b>
<b>9. LIMITACIONES</b>	<b>57</b>
<b>10. GENERALIDADES DEL DISTRITO</b>	<b>58</b>
<b>10.1 LOCALIZACIÓN Y ÁREA</b>	<b>58</b>
<b>10.2 VÍAS DE ACCESO</b>	<b>58</b>
<b>11. DIAGNOSTICO BIOFÍSICO</b>	<b>60</b>
<b>11.1 GEOLOGÍA</b>	<b>60</b>
<b>11.1.1 Geología Histórica local</b>	<b>60</b>
<b>11.1.2 Geología General</b>	<b>60</b>
<b>11.1.3 Geología Estructural</b>	<b>64</b>
<b>11.2 GEOMORFOLOGÍA</b>	<b>64</b>
<b>11.2.1 Características Geomorfológicas</b>	<b>64</b>
<b>11.2.2 Dinámica Costera</b>	<b>65</b>
<b>11.2.3 Suelos</b>	<b>66</b>
<b>11.3 CLIMA</b>	<b>67</b>
<b>11.3.1 Temperatura</b>	<b>67</b>
<b>11.3.2 Precipitación</b>	<b>68</b>
<b>11.4 HIDROLOGÍA</b>	<b>76</b>
<b>11.4.1 Características Geomorfológicas de Cuenca</b>	<b>76</b>

<b>11.4.2 Sistemas de Drenaje</b>	<b>78</b>
<b>11.4.3 Generalidades</b>	<b>78</b>
<b>11.5 VEGETACIÓN</b>	<b>79</b>
<b>11.5.1 Vegetación Subhigrofítica</b>	<b>80</b>
<b>11.5.2 Vegetación Higrofítica</b>	<b>81</b>
<b>11.5.3 Vegetación Parantropofítica</b>	<b>81</b>
<b>11.5.4 Área sin Vegetación</b>	<b>82</b>
<b>12. ACTIVIDAD ANTRÓPICA</b>	<b>83</b>
<b>12.1 EXPLOTACIÓN MINERA</b>	<b>83</b>
<b>12.1.1 Cantera Marmolete</b>	<b>83</b>
<b>12.1.2 Cantera Calderón</b>	<b>83</b>
<b>12.1.3 Cantera Veracruz</b>	<b>84</b>
<b>12.1.4 Cantera Esperanza</b>	<b>84</b>
<b>12.1.5 Cantera de las Tres Cruces</b>	<b>84</b>
<b>12.1.6 Cantera Tritupisvar</b>	<b>84</b>
<b>12.1.7 Canteras Ilegales</b>	<b>85</b>
<b>12.2 ZONAS URBANIZADAS</b>	<b>85</b>
<b>13. ACTIVIDAD SÍSMICA</b>	<b>88</b>

<b>14. ANÁLISIS SEMICUANTITATIVO</b>	<b>92</b>
<b>14.1 PARÁMETRO DE EVALUACIÓN</b>	<b>93</b>
14.1.1 Tipo de Material	93
14.1.2 Relieve	97
14.1.3 Drenaje	99
14.1.4 Vegetación	102
14.1.5 Evidencia de Fenómenos de Inestabilidad	104
14.1.6 Erosión	106
14.1.7 Clima	108
14.1.8 Sísmicidad	108
14.1.9 Factor Antrópico	110
<b>14.2 CUALIFICACIÓN DEL PARÁMETRO FACTOR ANTRÓPICO</b>	<b>128</b>
<b>14.3 EVALUACIÓN DE ESTABILIDAD</b>	<b>130</b>
<b>15. CONCLUSIONES</b>	<b>135</b>
<b>16. RECOMENDACIONES</b>	<b>138</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>140</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>142</b>

## LISTA DE TABLAS

	Pág.
<b>Tabla 1. Parámetros y Factores de Evaluación</b>	<b>47</b>
<b>Tabla 2. Sistema Semi-cuantitativo de Evaluación de Estabilidad a Escala Intermedia, Parámetro M (Material Intermedio)</b>	<b>48</b>
<b>Tabla 3. Sistema Semi-cuantitativo de Evaluación de Estabilidad a Escala Intermedia, Parámetro M (Roca y Suelo)</b>	<b>49</b>
<b>Tabla 4. Sistema Semi-cuantitativo de Evaluación de Estabilidad a Escala Intermedia, Parámetro D</b>	<b>51</b>
<b>Tabla 5. Sistema Semi-cuantitativo de Evaluación de Estabilidad a Escala Intermedia, Parámetro R</b>	<b>51</b>
<b>Tabla 6. Sistema Semi-cuantitativo de Evaluación de Estabilidad a Escala Intermedia, Parámetro C, S, E, V, y F</b>	<b>53</b>
<b>Tabla 7. Temperatura Promedio Mensual Años 1986-1985</b>	<b>68</b>
<b>Tabla 8. Temperatura Promedio Anual</b>	<b>68</b>
<b>Tabla 9. Principales Características de las Estaciones Metereológicas</b>	<b>69</b>
<b>Tabla 10. Precipitación Media Anual Estación UNIMAG</b>	<b>69</b>
<b>Tabla 11. Precipitación Media Mensual Estación UNIMAG</b>	<b>70</b>
<b>Tabla 12. Precipitación Media Anual Estación Minca</b>	<b>71</b>
<b>Tabla 13. Precipitación Media Mensual Estación Minca</b>	<b>71</b>
<b>Tabla 14. Precipitación Media Anual Estación Aepto Simón Bolívar</b>	<b>72</b>
<b>Tabla 15. Precipitación Media Mensual Estación Aepto Simón Bolívar</b>	<b>73</b>
<b>Tabla 16. Precipitación Media Anual Estación San Lorenzo</b>	<b>74</b>

<b>Tabla 17. Precipitación Media Mensual Estación San Lorenzo</b>	<b>74</b>
<b>Tabla 18. Precipitación Media Anual de las Estaciones</b>	<b>75</b>
<b>Tabla 19. Precipitación Media Mensual de las Estaciones</b>	<b>76</b>
<b>Tabla 20. Tipo de Vegetación Subhigrofítica</b>	<b>81</b>
<b>Tabla 21. Tipo de Vegetación Higrofítica</b>	<b>81</b>
<b>Tabla 22. Tipo de Vegetación Parantropofítica</b>	<b>82</b>
<b>Tabla 23. Efecto de la Magnitud de un Sismo sobre una Ladera</b>	<b>88</b>
<b>Tabla 24. Escala de Intensidad de Mercalli Modificado</b>	<b>89</b>
<b>Tabla 25. Descripción del parámetro M</b>	<b>95</b>
<b>Tabla 26. Descripción del parámetro R</b>	<b>97</b>
<b>Tabla 27. Descripción del parámetro D</b>	<b>100</b>
<b>Tabla 28. Descripción del parámetro V</b>	<b>102</b>
<b>Tabla 29. Descripción del parámetro F</b>	<b>104</b>
<b>Tabla 30. Descripción del parámetro E</b>	<b>106</b>
<b>Tabla 31. Descripción del parámetro C</b>	<b>108</b>
<b>Tabla 32. Descripción del parámetro S</b>	<b>108</b>
<b>Tabla 33. Simbología Explotación Minera</b>	<b>111</b>
<b>Tabla 34. Descripción de Explotación Minera</b>	<b>112</b>
<b>Tabla 35. Matriz de Valoración de Actividad Minera</b>	<b>114</b>
<b>Tabla 36. Cualificación de las Áreas de Suministro de Agua Potable</b>	<b>117</b>
<b>Tabla 37. Descripción del parámetro de Suministro de Agua Potable</b>	<b>117</b>
<b>Tabla 38. Cualificación de las Áreas de Rec. de Aguas Sanitarias</b>	<b>120</b>

<b>Tabla 39. Descripción del parámetro de Rec. de Aguas Sanitarias</b>	<b>120</b>
<b>Tabla 40. Cualificación del Estado de las Vías</b>	<b>123</b>
<b>Tabla 41. Descripción del parámetro de Vías</b>	<b>123</b>
<b>Tabla 42. Cualificación de las Áreas de Intervención de Rondas</b>	<b>125</b>
<b>Tabla 43. Descripción del parámetro de Intervención de Rondas</b>	<b>126</b>
<b>Tabla 44. Matriz de Decisión</b>	<b>128</b>
<b>Tabla 45. Matriz de valoración de Actividad Minera Convertida</b>	<b>129</b>
<b>Tabla 46. Cualificación Convertida de las Áreas de S. de Agua Potable</b>	<b>129</b>
<b>Tabla 47. Cualificación Convertida de las Áreas de R. de Agua Sanitaria</b>	<b>129</b>
<b>Tabla 48. Cualificación Convertida de Estados de las Vías</b>	<b>129</b>
<b>Tabla 49. Cualificación Convertida Áreas de Intervención de la Ronda</b>	<b>130</b>
<b>Tabla 50. Intervalo de grado de Afectación del Hombre sobre la Estabilidad</b>	<b>130</b>
<b>Tabla 51. Correlación Entre Categoría, Calificación y Clasificación de Estabilidad de pendiente</b>	<b>132</b>



## **LISTA DE FIGURAS**

	<b>Pág.</b>
<b>Figura 1. Caída del material San José</b>	<b>27</b>
<b>Figura 2. Volcamiento en la Avenida del Río</b>	<b>27</b>
<b>Figura 4. Reptación en Gaira</b>	<b>27</b>
<b>Figura 3. Deslizamiento en Ziruma</b>	<b>27</b>
<b>Figura 5. Fenómenos de Deslizamiento</b>	<b>30</b>
<b>Figura 6. Hundimiento</b>	<b>35</b>
<b>Figura 7. Agrietamiento en el Relleno Sanitario</b>	<b>35</b>
<b>Figura 8. Erosión Laminar Barrio 11 de Noviembre</b>	<b>37</b>
<b>Figura 9. Erosión Surco Urbanización el Reposo</b>	<b>37</b>
<b>Figura 10. Erosión Cárcavas Urbanización el Reposo</b>	<b>37</b>
<b>Figura 11. Erosión Diferencial en Ziruma</b>	<b>37</b>
<b>Figura 12. Erosión Concentrada Urbanización el Reposo</b>	<b>37</b>
<b>Figura 13. Pluviómetro</b>	<b>43</b>
<b>Figura 14. Perfil Hipotético de Procesos Geomorfológico Modificado (Dalrymple)</b>	<b>51</b>
<b>Figura 15. Cartografía Base Digital Utilizada del Área de Estudio</b>	<b>59</b>
<b>Figura 16. Mapa Temático del Parámetro M</b>	<b>96</b>
<b>Figura 17. Mapa Temático del Parámetro R</b>	<b>98</b>
<b>Figura 18. Mapa Temático del Parámetro D</b>	<b>101</b>

<b>Figura 19. Mapa Temático del Parámetro V</b>	<b>103</b>
<b>Figura 20. Mapa Temático del Parámetro F</b>	<b>105</b>
<b>Figura 21. Mapa Temático del Parámetro E</b>	<b>107</b>
<b>Figura 22. Mapa Temático del Parámetro S</b>	<b>109</b>
<b>Figura 23. Mapa Temático del Parámetro EM</b>	<b>115</b>
<b>Figura 24. Mapa Temático del Parámetro AP</b>	<b>118</b>
<b>Figura 25. Mapa Temático del Parámetro AS</b>	<b>121</b>
<b>Figura 26. Mapa Temático del Parámetro VI</b>	<b>124</b>
<b>Figura 27. Mapa Temático del Parámetro RH</b>	<b>127</b>
<b>Figura 28. Mapa Temático del Parámetro A</b>	<b>131</b>
<b>Figura 29. Mapa de Susceptibilidad por Amenazas Geológicas Potenciales del Casco Urbano del Distrito de Santa Marta</b>	<b>134</b>

## **LISTA DE GRAFICAS**

	<b>Pág.</b>
<b>Grafica 1. Temperatura Promedio Mensual (Aeropuerto Simón Bolívar)</b>	<b>68</b>
<b>Grafica 2. Precipitación Media Anual (UNIMAG)</b>	<b>70</b>
<b>Grafica 3. Precipitación Media Mensual (UNIMAG)</b>	<b>70</b>
<b>Grafica 4. Precipitación Media Anual (Minca)</b>	<b>71</b>
<b>Grafica 5. Precipitación Media Mensual (Minca)</b>	<b>72</b>
<b>Grafica 6. Precipitación Media Anual (Aeropuerto Simón Bolívar)</b>	<b>73</b>
<b>Grafica 7. Precipitación Media Mensual (Aeropuerto Simón Bolívar)</b>	<b>73</b>
<b>Grafica 8. Precipitación Media Anual (San Lorenzo)</b>	<b>74</b>
<b>Grafica 9. Precipitación Media Mensual (San Lorenzo)</b>	<b>75</b>
<b>Grafica 10. Precipitación Media Anual de las Estaciones</b>	<b>75</b>
<b>Grafica 12. Precipitación Media Mensual de las Estaciones</b>	<b>76</b>

## **LISTA DE ANEXOS**

	<b>Pág.</b>
<b>Anexo A. Ficha Técnica para la Recopilación de la Información</b>	<b>143</b>
<b>Anexo B. Categoría de Evidencia de Inestabilidad</b>	<b>144</b>
<b>Anexo C. Mapa de Amenaza Sísmica de Colombia</b>	<b>145</b>
<b>Anexo D. Mapa de Amenaza Sísmica de Colombia y Valores de Aa</b>	<b>146</b>
<b>Anexo E. Mapa Neotectónico de Colombia</b>	<b>147</b>
<b>Anexo F. Mapa Tectónico del Área de Estudio</b>	<b>148</b>
<b>Anexo G. Valores Máximos Mensuales de Precipitación Estación Minca (mms)</b>	<b>149</b>
<b>Anexo H. Valores Máximos Mensuales de Precipitación Estación Aeropuerto Simón Bolívar (mms)</b>	<b>150</b>
<b>Anexo I. Valores Máximos Mensuales de Precipitación Estación UNIMAG (mms)</b>	<b>151</b>
<b>Anexo J. Valores Máximos Mensuales de Precipitación Estación San Lorenzo (mms)</b>	<b>152</b>
<b>Anexo K. Valores de Temperatura Periodo 1986 – 1996 (Aeropuerto Simón Bolívar)</b>	<b>153</b>
<b>Anexo L. Registro Fotográfico</b>	<b>154</b>

## PRESENTACIÓN

Siguiendo las pautas necesarias para la obtención del título profesional planteadas por la Universidad del Magdalena, presentamos este proyecto **“Zonificación de Amenazas Potenciales Geológicas del Casco Urbano del Distrito de Santa Marta”**, el cual hace parte del proyecto de investigación **“Caracterización Geotécnica y Zonificación de Amenazas Potenciales Geológicas del Casco Urbano del Distrito de Santa Marta”** del área de Geotecnia del programa de Ingeniería Civil y además sirva como herramienta fundamental en la implementación del P.O.T. (Plan de Ordenamiento Territorial) de la ciudad, ya que este aspecto geológico no se tiene en cuenta. Con este estudio se pretende integrar diferentes instituciones o empresas Distritales, Departamentales y Nacionales (Alcaldía, Curaduría, CORPAMAG, METROAGUAS, IGAC e INGEOMINAS), interesados en este proyecto y que pueden hacer aportes técnicos y financieros.

Este proyecto iniciará una línea de investigación en el área de geotecnia de la Universidad del Magdalena y también será un instrumento pedagógico que pretende desarrollar metodologías para la evaluación de la susceptibilidad de los fenómenos geológicos que afectan el medio físico del casco urbano del Distrito de Santa Marta, tales como, erosión, fenómenos de remoción en masa (FRM), suelos licuables, colapsables y dispersivos; e identificar sus factores detonantes y contribuyentes, con el fin de dar recomendaciones conceptuales para disminuir los daños que conllevan la ocurrencia de estos fenómenos. Todos estos resultados conllevan a presentar un mapa de susceptibilidad de fenómenos geológicos.

La ocurrencia del fenómeno de remoción en masa (F.R.M.) esta sujeto a muchos grados de incertidumbre debido a que los F.R.M. incluyen diferentes tipos de movimientos, velocidades, modos de falla, materiales, restricciones geológicas, etc. **Morgenstem (1997)**, expresó que el papel de inseguridad es complejo debido a que no tiene en cuenta la incertidumbre de la ignorancia con respecto a la confiabilidad de los datos para el análisis, a incertidumbres en los modelos matemáticos y a incertidumbres humanas.

Cuando existe incertidumbre de la posibilidad o no de la ocurrencia de un fenómeno, generalmente se forman decisiones equivocadas de diseño. El costo de un proyecto puede resultar muy alto o se tienen que asumir riesgos de características y magnitudes no determinadas.

## 1. INTRODUCCIÓN

Las amenazas geológicas del casco urbano del Distrito de Santa Marta están ligadas inherentemente a las características del medio físico natural donde la ciudad se encuentra ubicada. En ese sentido, la ciudad se localiza en una zona donde interactúan esfuerzos asociados a la convergencia de las placas Caribe y Suramericana que en conjunto con la génesis de las rocas y suelos se constituyen en los factores principales de las colinas de los cerros prevalecientes en el distrito.

Estas geoformas iniciales han sido posteriormente afectadas por procesos exogénicos tales como erosión hídrica y marina. Del mismo modo la actividad humana relacionada con la industria extractiva de materiales de construcción y el acondicionamiento del terreno para la construcción de viviendas, han acelerado los procesos erosivos, desencadenando fenómenos de remoción en masa y originando una amenaza a los habitantes de las zonas escarpadas. Además, la ciudad está circundada por una serie de cuerpos de agua como el Río Manzanares, Río Gaira, quebrada Tamacá, etc., que debido a las características del subsuelo que conforman sus cauces (arenas limosas de compacidad media a suelta) ocasionan procesos de socavaciones tanto laterales como de fondo en la ronda hidráulica de éstos, lo que algunas veces a puesto en peligro la estabilidad estructural de las viviendas ubicadas sobre ésta.

Las características preliminares del subsuelo de la ciudad en las zonas planas está constituido por arenas limosas de compacidad media a suelta a una y en condiciones saturadas, por lo tanto la hacen susceptibles a procesos de licuación que son importantes de evaluar debido a los efectos catastróficos que pueden ocasionar sobre las estructuras cimentadas en este subsuelo.

El resultado de este proyecto es la entrega de mapas de susceptibilidad por amenazas geológicas en el distrito de Santa Marta, para ello se deben analizar y/o conocer los siguientes parámetros:

- ✓ Susceptibilidad a los acontecimientos, depende de las condiciones topográficas y geológicas de cada área específica y del conocimiento de deslizamientos ocurridos en el pasado.
- ✓ Hidrología, se deben analizar las lluvias; tipo, característica y longitud de los sistemas de drenajes; tamaño y características del área de aferencia de agua.

- ✓ Uso de la tierra y vegetación, se debe definir las áreas expuestas o desprovistas de vegetación, también es importante definir el tipo de vegetación, densidad y características específicas.
- ✓ Factores antrópicos y urbanos, se debe localizar, caracterizar y zonificar las áreas de zonas pavimentadas y verdes, sumideros y demás elementos de drenaje.
- ✓ Tectónica y Sísmicidad, se deben identificar las fallas geológicas y otras fuentes de energía sísmica y hacer un análisis de Sísmicidad histórica para definir la recurrencia de las actividades sísmicas que puedan activar los deslizamientos.
- ✓ Procesos actuales, se deben localizar las áreas afectadas por procesos erosivos (laminar, surcos y cárcavas), además de las corrientes de agua que estén sufriendo profundización o ampliación de su cauce.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 GENERAL**

Zonificar y caracterizar el área de estudio (casco urbano del Distrito de Santa Marta) con base en la susceptibilidad (Amenaza Potencial) del terreno a ser afectado por fenómenos geológicos, tales como: erosión, fenómenos de remoción en masa, socavación de cauce y actividad sísmica.

### **2.2 ESPECÍFICOS**

- ✓ Identificar los factores contribuyentes y detonantes de estos fenómenos geológicos.
- ✓ Determinar las zonas susceptibles a fenómenos geológicos con base en la ponderación de los mapas temáticos de geología, geomorfología, geotecnia, cobertura vegetal, drenajes, uso del suelo y Factor Antrópico.
- ✓ Elaborar el mapa de susceptibilidad por amenaza geológica por medio de sistema de información geográfica S.I.G.
- ✓ Recomendar conceptualmente el manejo técnico que se le debe dar a estas zonas.



### 3. ANTECEDENTES

La ciudad de Santa Marta presenta relieve alrededor y en el centro de la ciudad, en donde se observa que hay muchas viviendas en las laderas de las montañas que ocasionan desequilibrio de una u otra forma a ésta.

Estos relieves han sido sitio de explotación minera de material para la construcción como por ejemplo el cerro de las Tres Cruces, que por su mal manejo de extracción del material ha ocasionado gran deterioro ambiental y un aumento en la inestabilidad de sus laderas poniendo en amenaza esta zona donde se observan pendientes mayores de 90 grados, caída libre de material y muchas discontinuidades, no solamente este cerro es un sitio de amenaza sino también los cerros que rodean a la ciudad, por estar invadida por muchas viviendas como por ejemplo los barrios Pastrana, San Martín, San Jorge, San Fernando, Once de Noviembre, etc. Que por la situación económica, política y social de la región ha originado que la población construya en las laderas que se encuentran en la ciudad, deteriorando notablemente la estabilidad de las laderas y erosionándolas por completo. En el barrio Once de Noviembre se observan problemas de erosión tipo cárcavas deslizamientos y caída de materiales.

El Basurero de Santa Marta también es una zona que ha sufrido inestabilidad del terreno por su mala compactación, donde se distinguen grandes grietas. Como es una zona deshabitada y de pendiente baja, el riesgo es muy pequeño comparado con los sitios de los alrededores del cerro de las Tres Cruces, el barrio Once de Noviembre, Pastrana, etc.

Algunos asentamientos se han ubicado sobre pequeñas quebradas intermitentes o de drenaje de aguas lluvias, sin que se respete su cauce o se canalice el mismo, de tal manera que cuando se presentan aguaceros torrenciales, las aguas arrastran las viviendas dejando gran número de damnificados, tal como ocurrió en el mes de octubre de 1996 cuando por esta razón en los barrios Colinas del Pando, Maria Eugenia y San José del Pando, resultaron más de 90 damnificados.

En Santa Marta se presentó en el año de 1999 una inundación causada por una alta precipitación que se originó en el sistema montañoso de la Sierra Nevada, produciendo pérdidas materiales, anteriormente también se produjo un fenómeno parecido en el año de 1936 con un riesgo menor al actual, debido a que hoy en día la ronda hidráulica del cauce ésta obstruida por muchas viviendas.

Entre las investigaciones anteriores realizadas en el área de interés con referencia a algunos de los tópicos relacionados en el presente estudio se tienen:

- a)** Acuífero de Santa Marta, recarga artificial, informe geológico del área de estudio.
- b)** Plan de desarrollo del D.T.C.H. de Santa Marta, realizado por planeación Distrital.
- c)** Estudio hidrológico Río Manzanares, quebrada Tamacá Técnica Hidráulica de Cuba.
- d)** Informe del estudio para la elaboración de plano multipropósitos y la zonificación geológica y geomorfológica del distrito de Santa Marta (perímetro urbano y suburbano), CORPAMAG.

## 4. MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL

Los fenómenos geológicos que se estudiarán en esta zona son: Fenómenos de Remoción en Masa, Agrietamiento de suelos y Erosión.

### 4.1 FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA

Los movimientos de remoción en masa se refieren al movimiento repentino de los materiales terrestres en descendencia. Los tipos más importantes se mencionan a continuación.

**4.1.1 Derrumbes.** Consisten en la caída libre y en el rodamiento de materiales en forma abrupta, a partir de cortes verticales o casi verticales de terrenos en desnivel. Se diferencia de los deslizamientos, por ser la caída libre su principal forma de movimiento, y por no existir una bien marcada superficie de deslizamiento.

Los derrumbes pueden ser tanto de rocas como de suelos. Los derrumbes de suelos no son generalmente de gran magnitud, ya que su poca consolidación impide la formación de cortes de suelo de gran altura; en cambio los de rocas si pueden producirse en grandes riscos o desniveles. La figura 1 representa respectivamente la caída de material en el barrio San José. Este fenómeno ocurre en los cerros de la ciudad que están asociados a frentes de explotación de cantera activa o abandonadas que producen taludes de alta pendiente, uno de los factores que influye en la aparición de éstos son, la descarga indiscriminada de agua de escorrentía producto de lluvias, aguas servidas y de fugas del sistema de acueducto.

**4.1.2 Volcamiento.** Son movimientos producidos sobre una ladera o talud, debidos a colapso de material rocoso por una heterogeneidad litológica y estructural. El movimiento se produce por acción de la gravedad y por rotación hacia delante de un material rocoso alrededor de un punto de giro localizado en su parte inferior. La figura 2 muestra este tipo de movimiento.

**Figura 1. Caída de material en San José**



**Figura 2. Volcamiento en la Av. del Río**



**4.1.1 Reptación.** Consiste en movimientos muy lentos o extremadamente lentos del suelo subsuperficial sin una superficie de falla definida. Generalmente el movimiento del terreno es de pocos centímetros al año y afecta grandes áreas del terreno. La figura 3 presenta un movimiento de reptación.

**4.1.2 Deslizamientos.** Son fenómenos de desplazamiento masivo de material sólido que se produce bruscamente, cuesta abajo, a lo largo de una pendiente cuyo plano acumula de manera parcial el mismo material, autolimitado su transporte. Por lo general, los deslizamientos involucran el desprendimiento de una mayor cantidad de material y afectan áreas mayores en comparación con la caída de rocas; además, tienden a ampliarse hacia atrás y hacia los costados. El material acumulado en la parte baja como producto de la masa deslizada, se denomina coluvión y conforma zonas potencialmente inestables. Dependiendo de la masa de ladera, la masa deslizada puede seguir en movimiento a lo largo de cientos de metros, llegando incluso a alcanzar velocidades muy altas. En la figura 4 se visualiza este tipo de movimiento.

**Figura 3. Reptación en Gaira**



**Figura 4. Deslizamiento en Ziruma**



❖ **Tipos más importantes de deslizamientos.** Los principales factores que influyen en la clasificación de los deslizamientos son:

- ✓ Forma del movimiento
- ✓ Forma de la superficie de falla
- ✓ Coherencia de la masa fallada
- ✓ Causa de la falla
- ✓ Desplazamiento de la masa
- ✓ Tipo de material
- ✓ Tasa de movimiento

□ **Desprendimientos.** Son fallas repentinas de taludes verticales o casi verticales en las cuales se produce el desprendimiento de un bloque o múltiples bloques, los cuales descienden en caída libre. El Volcamiento de bloques de rocas, generalmente desencadena un desprendimiento. En suelos, los desprendimientos son causados por socavaciones de taludes debido a la acción de la erosión de quebradas o del hombre. En macizos rocosos son causados por socavación debido a la erosión, un incremento de la presión debido a la presencia de agua. En algunos casos los desprendimientos son el resultado de meteorización diferencial. Los desprendimientos o caídas son relevantes en este tipo de sistema debido a que se trata de la caída de un bloque o varios bloques, los cuales pueden ocasionar daños a estructuras o a otros taludes que se encuentren en la parte inferior.

□ **Deslizamientos planares.** Consisten en el movimiento de uno o más bloques de suelo o roca a lo largo de una superficie de falla plana bien definida. Estos derrumbes pueden ocurrir de una forma lenta a rápida. En regiones montañosas los deslizamientos masivos de roca resultan desastrosos especialmente en períodos lluviosos, y en muchos casos no pueden ser prevenidos.

□ **Deslizamientos rotacionales.** Tienden a ocurrir lentamente, en forma de cuchara, y el material comienza a fallar por rotación a lo largo de una superficie cilíndrica; aparecen grietas en la cresta del área inestable y abombamientos al pie de la masa deslizante. Al finalizar, la masa se ha desplazado sustancialmente dejando un escarpe en la cresta. La principal causa de este tipo de falla es un incremento en la inclinación del talud, meteorización y fuerzas de filtración. Las consecuencias de este tipo de falla generalmente no son catastróficas, a pesar de que el movimiento

puede causar severos daños a estructuras que se encuentren en la masa deslizante o sus alrededores. Cuando se presentan algunos signos tempranos de falla los taludes pueden ser estabilizados.

- ❑ **Deslizamiento de Traslación.** El movimiento de masa se desplaza hacia fuera o hacia abajo, ó a lo largo de la superficie mas o menos planar o ligeramente ondulada y tiene muy poco o nada de movimiento de rotación o volteo. La diferencia importante entre los movimientos de Rotación y Traslación está principalmente, en la aplicabilidad o no de los diversos sistemas de estabilización.
- ❑ **Flujos de lodo.** Se entiende como la mezcla de materiales sólidos de diferentes tamaños y agua, que se desplazan por efecto de las pendientes de un terreno. Según la cantidad de agua que contengan los materiales involucrados actúan temporalmente como un fluido. El agua juega un papel importante en este tipo de movimiento, siendo el factor responsable de su generación, debido a la pérdida total de la resistencia de los materiales. La zona de deslizamiento o de desprendimiento de material blando puede originar flujo cuando estos materiales se acumulen y saturen de agua. Cuando un flujo se presenta a largo de cauces y hondonadas se presentan avalanchas. Ocurren con mayor frecuencia en las laderas compuestas por materiales arcillosos.
- ❑ **Avalanchas.** Son el movimiento rápido de escombros de suelos y rocas, el cual puede o no comenzar con la ruptura a lo largo de una superficie de falla, especialmente en presencia de agua. Toda la vegetación, el suelo y la roca suelta pueden ser arrastrados. Las principales causas de avalanchas son: las altas fuerzas de filtración, alta pluviosidad, derretimiento de nieve (Nevado del Ruiz, 1985), sismos y cedencia gradual de los estratos de roca. Las avalanchas ocurren de manera brusca sin previo aviso y generalmente son impredecibles. Los efectos han llegado a ser desastrosos sepultando extensas áreas al pie del talud, llegando a perturbar las cuencas naturales de drenaje.
- ❖ **Clasificación de los deslizamientos según el movimiento.** Dependiendo de la velocidad, los deslizamientos se pueden clasificar en: rápidos y lentos.
  - ❑ **Rápidos.** Alcanzan velocidades hasta de metros por segundo y se pueden originar en zonas con pendientes muy fuertes y empinadas, donde domina

la caída de rocas y residuos que se acumulan formando un talud, o se puede producir al deslizarse una gran masa en segundos o minutos. Entre ellos tenemos, desprendimientos y flujos de lodo.

- ❑ **Lentos.** Las velocidades son del orden de centímetros o metros por año. Se caracterizan por transportar gran cantidad de material. Evidencias que muestran la presencia de un deslizamiento lento son: la inclinación de los árboles a favor de la pendiente, la inclinación de cercas, el agrietamiento de casas, etc.

- ❖ **Efectos generales de los deslizamientos.** Dependiendo de la magnitud de los deslizamientos, los daños pueden ser muy serios, pudiendo quedar enterrado todo el sistema y la ciudad como en el caso de la avalancha de Yungay, Perú en 1970.

La magnitud del impacto de los deslizamientos depende principalmente del volumen de la masa en movimiento y de la velocidad de la misma, pero también de la extensión de la zona inestable y de la disgregación de la masa en movimiento. La figura 5 permite visualizar el fenómeno de un deslizamiento de traslación.

- ❖ **Origen de los deslizamientos.** A continuación se detallan los factores principales que contribuyen a la formación de este tipo de procesos.

**Figura 5. Fenómeno de deslizamiento**



Libro electrónico. Ciencias de la tierra y del medio ambiente. Tema 8: riesgos naturales.

- ❑ **Clima.** De acuerdo con las características que presenta puede favorecer la inestabilidad del subsuelo al aportar una suficiente cantidad de agua. Ello debido a la presión que ejerce el líquido en los poros y fisuras del suelo. Así mismo, las lluvias y la formación de corrientes de agua por la superficie (escorrentía superficial) favorecen los procesos de erosión. Las altas precipitaciones en combinación con el tipo de suelo en algunos casos material muy alterado fomenta la formación y aceleración de los deslizamientos ya que el suelo se satura por la cantidad de agua recibida, se hace más pesado y unido con el grado de pendiente existente, se puede inestabilizar y deslizar.

✓ **La precipitación** que cae en una zona determinada es el resultado de una serie de factores que influyen sobre la lluvia, tales como:

- La Latitud: de manera general se puede indicar que la precipitación disminuye con la latitud porque la disminución de la temperatura hace decrecer la humedad atmosférica.
- Distancia a la fuente de humedad: mientras más cercana se encuentre la zona a fuentes de humedad como mar, lagos, entre otros, existirá mayor posibilidad de lluvias.
- Presencia de montañas: el ascenso orográfico favorece la precipitación. Así, en una cadena montañosa ocurren precipitaciones más pesadas o intensas en las laderas expuestas a los vientos, cayendo sólo trazas de lluvia en la ladera no expuesta de las montañas.

- ❑ **Topografía.** Los deslizamientos ocurren con mayor frecuencia en terrenos de pendiente pronunciada y desprovistos de vegetación.

- ❑ **Geología.** Aporta un número de parámetros importantes para comprender la inestabilidad de las laderas como son:

- **Litología.** Los tipos de rocas y la calidad de los suelos determinan en muchos casos la facilidad con que la superficie se degrada por la acción de los factores externos entre los cuales se tienen (meteorización, intemperismo, etc.)



- **Estructuras.** Determinan zonas de debilidad (fallas, diaclasas y plegamientos), y la colocación de los materiales en posición favorable a la inestabilidad (estratos).
- **Sísmicidad.** Las vibraciones provocadas por sismos pueden ser lo suficientemente fuertes como para generar deslizamientos de diversa magnitud, afectando extensas áreas.
- **Factores Antrópicos (actividad del hombre).** Todos los fenómenos descritos anteriormente forman parte del natural equilibrio geológico y que puede romperse con la actividad constructiva y destructiva del hombre. De esta manera, el ser humano contribuye a provocar o acelerar estos fenómenos.

Esto sucede, cuando la actividad humana se realiza sin una adecuada planificación, especialmente en obras viales (carreteras y puentes) explotación de tajos, desarrollos urbanísticos, rellenos mal hechos, corte en el perfil natural de laderas, deforestación: prácticas agrícolas deficientes en la conservación de suelos, entre otros. Todo esto promueve procesos de inestabilidad en suelos que en cierta medida son naturalmente vulnerables a esta clase de fenómenos y que tienen graves consecuencias en el futuro.

❖ **Factores que afectan la escorrentía en una cuenca.** Los factores más relevantes son los siguientes:

□ **Factores climáticos**

- ✓ Precipitación: forma (lluvia, granizo, nieve, etc.), intensidad, duración, distribución en el tiempo, distribución en el área, precipitaciones anteriores, humedad del suelo.
- ✓ Intercepción: tipo de vegetación, composición, edad y densidad de los estratos, estación del año y magnitud de la tormenta.
- ✓ Evaporación: temperatura, viento, presión atmosférica, naturaleza y forma de la superficie de evaporación.

✓ Transpiración: temperatura, radiación solar, viento, humedad y clase de vegetación.

□ **Factores fisiográficos**

✓ Características de la cuenca: geométricas, tamaño, forma, pendiente, orientación y dirección.

✓ Físicas: uso y cobertura de la tierra, condiciones de infiltración, tipo del suelo, condiciones geológicas como permeabilidad y capacidad de formaciones de aguas subterráneas, condiciones topográficas como presencia de lagos, pantano y drenajes superficiales.

☑ **Condiciones que favorecen los fenómenos de remoción en masa.** En general, el mecanismo disparador de los movimientos en masa está asociado con la realización de cortes en terreno natural inestable sin la debida protección geotécnica, así como el desprendimiento y la caída de bloques asociados a escarpes con pendientes superiores a los 35°. Otros factores que pueden dinamizar los movimientos en masa, incluyen por ejemplo, la actividad sísmica, la saturación del suelo por fluidos y la incidencia de procesos erosivos.

Las siguientes condiciones de un sitio son un indicador de una amenaza de deslizamiento:

- ❖ Áreas abajo de pendientes empinadas o en relieves topográficos altos.
- ❖ Áreas donde el material rocoso presenta grietas o fractura.
- ❖ Planos de roca orientados en paralelo con la pendiente prevaleciente.
- ❖ Áreas donde los suelos superficiales están compuestos de material suelto o pobremente compactado.
- ❖ Áreas donde los suelos recaudan grandes cantidades de agua.
- ❖ Áreas con vegetación mínima para enraizar y fijarla al suelo.

Cuanto más factores de estos se apliquen a un sitio específico, mayores serán las posibilidades de que el sitio experimente deslizamientos.

Las intervenciones antrópicas que pueden contribuir a generar riesgo de deslizamientos en áreas susceptibles a los fenómenos de remoción en masa son:

- ❖ Cortes en el terreno como de carreteras, cortes para construcción de casas, que crean masas inestables de material sin apoyo, generando pendientes negativas.
- ❖ Construcción de muros sin posibilidad para drenaje. El agua del suelo retenida detrás de los muros incrementa la presión en los poros y el peso en el material retenido, desestabiliza la masa retenida.
- ❖ Remover plantas de raíces profundas desestabiliza el suelo en una ladera e incrementa el potencial de deslizamiento.
- ❖ El mal manejo de aguas superficiales o subsuperficiales en las laderas a través de la irrigación, o vertiendo las aguas residuales sobre ellos.
- ❖ Rellenos en zonas de pendientes y con una pobre compactación.

## 4.2 HUNDIMIENTO Y AGRIETAMIENTO DE SUELOS

**4.2.1 Hundimiento.** Dislocación de la corteza terrestre que da lugar a la remoción en sentido vertical de fragmentos de la misma. Es un fenómeno geológico que experimentan determinadas áreas de la superficie terrestre, consiste en el descenso de su nivel con respecto a las áreas circunvecinas. Puede ocurrir en forma repentina o lentamente, y comprender áreas reducidas de pocos metros o grandes extensiones de varios Km<sup>2</sup>. Un caso de este tipo de movimiento se presenta en la figura 6.

**4.2.2 Agrietamiento.** Fenómeno de naturaleza geológica cuya presencia se debe a los suelos finos (arcilla, limo), en los cuales se producen pérdidas de volumen como consecuencia de la extracción de agua del subsuelo. Al igual que

en el fenómeno anterior, este tipo de calamidades se consideran de baja intensidad, cuando se presentan sin causar más daños que los del lugar en el que se originan, pero generan una situación mínima de riesgo; de intensidad media, en aquellos casos en los que resultan afectados además del entorno algunos bienes, y ponen en riesgo latente la integridad de personas, y de alta, cuando éste altera de forma importante su entorno, afecta gravemente bienes y representa un peligro inminente para la vida de las personas. Este fenómeno se observa en la figura 7.

**Figura 6. Hundimiento**



**Figura 7. Agrietamiento Relleno Sanitario**



### **4.3 EROSIÓN**

La erosión es el desprendimiento, transporte y deposición de partículas o masas pequeñas de suelo o roca, por la acción de fuerzas generadas por el movimiento de agua. Este tipo de fenómeno puede ser causado por agentes naturales y humanos. Entre los agentes naturales se pueden incluir: el agua de escorrentía, aguas subterráneas, olas, corrientes y viento. La erosión causada por agentes humanos incluye cualquier actividad que permita un incremento de la velocidad del agua, especialmente en taludes sin protección; entre los principales está la tala de árboles, el sobre pastoreo y la presencia de ciertos tipos de vegetación que no permiten mantener el suelo en sitio. La erosión puede causar la pérdida de soporte de fundación de estructuras, pavimentos, rellenos y otras obras de ingeniería. En terrenos montañosos, la erosión incrementa la incidencia en la inestabilidad de taludes pudiendo resultar en la pérdida de vías u otras estructuras. Los procesos de erosión son muy comunes en suelos residuales poco cementados o en suelos aluviales, especialmente, los compuestos por limos y arenas finas principalmente, cuando la cobertura vegetal ha sido removida. Se conocen varios tipos de erosión:

**4.3.1 Erosión Laminar.** El proceso de erosión laminar se inicia con el impacto de las gotas de agua lluvia contra la superficie de suelo, complementada por la fuerza de la escorrentía produciendo un lavado en la superficie del terreno como un todo, sin formar canales definidos. Al caer las gotas de lluvia levantan las partículas de suelo y las reparten sobre la superficie del terreno.

**4.3.2 Erosión en Surcos.** Los surcos de erosión se forma por la concentración del flujo de agua en caminos preferenciales, arrastrando las partículas y dejando canales de poca profundidad generalmente, paralelos. El agua de escorrentía fluye sobre la superficie de un talud y a su paso va levantando y arrastrando partículas de suelos formando surcos.

**4.3.3 Erosión en Cárcavas.** Las cárcavas constituyen el estado más avanzado de erosión y se caracteriza por su profundidad, que facilita el avance lateral y frontal por medio de desprendimiento de masa de material en los taludes de pendiente alta que conforman el perímetro de las cárcavas. Éstos inicialmente tiene una sección en “V” pero al encontrar un material más resistente o interceptar el nivel freático se extiende lateralmente, tomando forma en U.

**4.3.4 Erosión Diferencial.** La susceptibilidad de un perfil de suelo varia de un material a otro y se presenta en forma de grada. La erosión es diferencial de acuerdo a la mezcla y el estado de meteorización de los materiales residuales. En las corrientes de agua ocurren mecanismos similares, los cuales conducen, además, de las formaciones de gradas o cascadas, a la ocurrencia de pendientes del fondo del cause diferente en cada material. El agua al fluir por ductos concentrados dentro del suelo produce erosión interna, la cual da origen a derrumbamientos o colapsos que pueden generar un hundimiento del terreno o la formación de una cárcava.

**4.4.5 Erosión Concentrada.** Cuando en un sitio se encuentran varios tipos de erosión con un grado alto de afectación se dice que se presenta una erosión concentrada. Un caso de erosión puede ocurrir en los sitio de afloramiento de agua, formando pequeñas cavernas y/o taludes negativos, los cuales a su vez pueden producir desprendimientos de masas de suelo.

A continuación, entre las figuras 8 y 12 se observan los fenómenos de erosión mencionados anteriormente.

**Figura 8. Erosión laminar en el 11 de Nov.**



**Figura 9. Erosión en surcos Urb. El Reposo**



**Figura 10. Erosión cárcavas Urb. El Reposo**



**Figura 11. Erosión diferencial en Ziruma.**



**Figura 12. Erosión concentrada en la Urb. El Reposo**



Zonificación de Amenazas Potenciales Geológicas  
del Casco Urbano del Distrito de Santa Marta.

Vladimir Arenas Quintero  
Freddy Mazenett González



#### 4.4 DEFINICIÓN DE TERMINOS

En el sentido más ampliamente aceptado por los especialistas, la cuantificación del riesgo tiene tres componentes esenciales: la amenaza, los elementos en riesgo y la vulnerabilidad.

**4.4.1 Riesgo.** Conocidos y evaluados los componentes del riesgo, es posible calcular éste como las pérdidas esperadas o potenciales de un elemento o conjunto de elementos debido a una amenaza determinada, en un periodo futuro. A diferencia de la definición de Vulnerabilidad, el Riesgo combina las pérdidas esperadas causadas por todos los niveles de magnitud de la Amenaza involucrando la probabilidad de que ésta magnitud acontezca. El riesgo es el resultado del análisis de los elementos Amenaza, Elementos en Riesgo y Vulnerabilidad y como ellos, se puede representar cartográficamente como mapas de distribución potencial de pérdidas de los elementos considerados o como escenarios de riesgo. El total de pérdidas representado de esta manera, y expresado en términos de pérdidas económicas, de número de elementos afectados o de extensión del daño físico, constituyen la síntesis del análisis técnico del riesgo como producto de la toma de datos y el entendimiento de los procesos implicados.

Evaluado el riesgo de esta manera, sin embargo, es finalmente a los representantes de la sociedad a quienes les corresponderá en nombre y con participación de ella, valorar de acuerdo con su juicio la importancia de las pérdidas esperadas que los expertos han calculado. Es decir, son ellos quienes finalmente establecerán las zonas que consideren como de Alto, Medio o Bajo Riesgo para objeto de la toma de las acciones urbanísticas y de prevención de desastres que deben considerarse en el proceso de ordenamiento territorial.

**4.4.2 Amenaza.** Para un área determinada, que en este caso puede ser todo el territorio o la cabecera municipal, la Amenaza se refiere a la probabilidad de que en un periodo dado ocurra un cierto fenómeno específico con una magnitud específica capaz de causar daño. Esta definición implica que para la zona objeto del Ordenamiento Territorial se deben conocer los fenómenos que pueden representar un peligro y se debe delimitar en la medida de lo posible el periodo desde el presente hacia el futuro para el cual se realiza el análisis. En términos generales la evaluación de la Amenaza debe considerar al menos los siguientes elementos:

- ❖ **Identificación y clasificación de los fenómenos susceptibles de causar daño.** Esto es normalmente posible con base en la experiencia de los pobladores y en el registro histórico de desastres; en algunos casos, sin embargo, se requerirán estudios especiales. Los fenómenos que pueden presentarse en una región pueden ser diferentes y eventualmente concurrentes en el tiempo. Los fenómenos pueden obedecer a causas naturales, antrópicos o la combinación de ambas. Dentro de los fenómenos geológicos naturales generadores de amenaza están los tsunamis, los sismos, las erupciones volcánicas y los fenómenos de remoción en masa a los que pertenecen los comúnmente llamados derrumbes o deslizamientos. Otros fenómenos naturales son los climáticos, como las inundaciones, las tormentas, las mareas y las sequías. Entre los fenómenos no naturales producto de la acción del hombre y que se podrían catalogar como amenazas ambientales se pueden mencionar la contaminación ambiental, la deforestación y la desertización.
- ❖ **Una vez identificados los fenómenos, se requerirá caracterizar y establecer para cada uno su nivel de gravedad.** Este nivel se puede cuantificar en términos de la magnitud y frecuencia con que ellos se podrían presentar en periodos específicos o en términos de sus efectos en un sitio particular para esos mismos periodos. La frecuencia y la manera de expresar la magnitud del fenómeno o sus efectos, depende de la naturaleza del mismo y aún para un mismo fenómeno se pueden expresar de distintas formas. Por ejemplo, los sismos se pueden evaluar por la energía liberada (magnitud) o la aceleración del terreno o intensidad del movimiento (efectos); los deslizamientos podrían valorarse según el volumen (magnitud) del material al movilizarse o por el desplazamiento y velocidad del mismo (efectos). Las inundaciones se expresan usualmente como niveles de agua por encima de un cierto valor normal (efectos) o como área inundada o volumen de agua (magnitud). Estas valoraciones implican el trabajo de especialistas en el tema y como lo dice la definición, para que estos fenómenos constituyan una amenaza deben ocurrir con una magnitud tal que sea capaz de producir algún daño, es decir que superen la capacidad de ser soportados sin afectación por un cierto elemento expuesto a ellos cierto periodo. El análisis de la amenaza requiere por supuesto de información suficiente y confiable sobre los fenómenos.
- ❖ **Una vez evaluada la Amenaza es necesario representarla adecuadamente para propósitos de ordenamiento territorial.** Una manera tradicional es la presentación cartográfica, en mapas que muestren



la distribución espacial de la amenaza a escalas apropiadas. Se sugiere que para el ordenamiento del territorio de la zona rural de los municipios se empleen escalas no menores a 1:25.000 y para las zonas urbanas escalas de 1:5000. Para ciudades intermedias, capitales departamentales y distritos especiales esta escala podría ser menor dependiendo del tamaño de las mismas. A nivel regional se pueden utilizar escalas de 1:50.000 a 1:250.000.

**4.4.3 Elementos en riesgo.** Los elementos en riesgo son todos aquellos elementos corporales, funcionales y estructurales que están expuestos a una amenaza natural: la vida y salud de las personas, las actividades económicas incluyendo trabajo, equipos, cosechas, ganado, etc., las viviendas, vías, acueductos, alcantarillados, escuelas, hospitales y demás obras de infraestructura; también es un elemento en riesgo el medio natural como las corrientes de agua, los bosques “flora y fauna”, el aire y demás elementos que lo conforman.

Para evaluar la pérdida que podrían sufrir estos elementos debido a un fenómeno determinado es necesario realizar un inventario de los mismos, estableciendo las consecuencias y daños probables, en el caso que se produzca el fenómeno. Así por ejemplo, para el elemento vida y salud de las personas las consecuencias pueden ser la muerte, heridas o enfermedad y el daño se puede expresar en términos del número de personas muertas, heridas o enfermas. Como en general y con excepción quizá de la vida humana, los daños a un elemento se pueden convertir en costo económico, es común emplear este costo como parámetro de medida de las pérdidas tangibles. Otras pérdidas a considerar son las intangibles, que no se pueden convertir a términos monetarios y su evaluación es mucho más compleja y eventualmente tener un mayor impacto que las tangibles. Por ejemplo para el elemento vida, las pérdidas intangibles podrían ser los efectos de alteración sociales y psicológicos en el resto de la comunidad.

**4.4.4 Vulnerabilidad.** La vulnerabilidad se define como el grado de pérdida esperado en un elemento o conjunto de elementos en riesgo, como consecuencia de una amenaza determinada de una magnitud específica. Para un elemento y magnitud de amenaza dados, la vulnerabilidad se expresa bien como el porcentaje de pérdida esperado, o bien como un valor en una escala de 0 a 1, correspondiendo el cero a ningún daño y el uno a la pérdida total del elemento o conjunto de elementos. La vulnerabilidad se expresa en las mismas unidades empleadas para el daño o la pérdida. Así, por ejemplo, se podría decir que: "El 30% de las viviendas de la población serían gravemente dañadas por un sismo de magnitud 6.5". Como los elementos pueden ser dañados de distinta forma y gravedad dependiendo del tipo y magnitud del fenómeno (Amenaza), la evaluación

de la vulnerabilidad debe considerar por una parte, e individualmente, cada elemento o conjunto de elementos en riesgo y establecer su grado de exposición o localización relativa con respecto a la localización de cada una de las amenazas para cada nivel de gravedad de ésta. También se debe evaluar la resistencia de ese elemento al daño para esta misma condición. Para el ejemplo anterior, lo expresado en la frase significaría que una vez establecido que era probable un sismo de magnitud 6.5, se encontró que el 30% de las viviendas no podrían resistir esta magnitud debido a que se encuentran en una zona donde se espera la mayor intensidad del fenómeno o porque son estructuralmente débiles o por ambas razones. Sin embargo, para el caso de una inundación esta situación podría ser diferente: por ejemplo, si las mismas casas vulnerables al sismo se encuentran en una zona alta lejana a la probable zona de inundación, su vulnerabilidad a este fenómeno podría ser cero. Análisis similares se podrían repetir para otro tipo de amenazas naturales como deslizamientos, erupciones volcánicas y otras que se identifiquen en la localidad bajo estudio.

Como en el caso de las Amenazas, para fines de Ordenamiento Territorial la vulnerabilidad debe representarse cartográficamente, de manera que en un mapa a escala adecuada, se pueda ver la distribución de elementos en riesgo y su grado de vulnerabilidad para una amenaza determinada.

**4.4.5 Susceptibilidad.** La susceptibilidad generalmente expresa la facilidad con que un fenómeno puede ocurrir sobre la base de las condiciones locales del terreno.

La susceptibilidad se puede evaluar de dos formas diferentes:

- ❑ **Sistema de la experiencia.** Se utiliza la observación directa de la mayor cantidad de deslizamientos ocurridos en el área estudiada y se evalúa la relación entre los deslizamientos y la geomorfología del terreno.
- ❑ **Sistema teórico.** Se digitalizan el mayor número de factores que se considera que puedan afectar la ocurrencia de deslizamientos y luego se analiza la posible contribución de cada uno de los factores.
- ❖ **Preparación de mapa de susceptibilidad a los deslizamientos.** El mapa de susceptibilidad es un mapa en el cual se zonifica las unidades de terreno que muestran una actividad de deslizamientos similar o de igual potencial de

inestabilidad, la cual es obtenida de un análisis multivariable entre los factores que pueden producir deslizamientos y el mapa de inventario de deslizamientos. En área de montañas de alta pendiente y valles semiplanos se pueden identificar las áreas de acuerdo a su topografía. Si se posee un mapa geológico, a cada formación se le puede asignar un grado de susceptibilidad, y se puede combinar formaciones geológicas y topografía para identificar áreas diferentes dentro de la misma formación. Combinando mapa de pendientes y de geología dentro de un sistema de información geográfica se puede lograr resultados interesantes.

Se recomienda localizar con mucha precisión las áreas cubiertas por coluviones, presencia de erosión y las áreas de influencia de las grandes fallas geológicas. Se debe tener en cuenta otros factores tales como uso de la tierra y drenaje. Para la elaboración del mapa de susceptibilidad se tienen en cuenta generalmente tres elementos: inventario de deslizamiento ocurrido en el pasado, topografía y mapas de pendientes, características geológicas, geomorfológicas y geotécnicas del terreno.

**4.4.6 Suelos Coluviales.** Los suelos coluviales o coluviones son depósitos de ladera, producto de desprendimientos o deslizamientos de roca o suelo y son materiales muy susceptibles a los deslizamientos.

**4.4.7 Suelos Aluviales.** Son depósitos transportados por el agua en movimiento y depositados cuando la velocidad del agua ha disminuido; estos materiales pueden ser de tipo fluvial o lacustre y pueden contener partículas finas, gruesas o entremezcladas. Generalmente son estratificados y la permeabilidad en la dirección horizontal es mayor que en la dirección vertical.

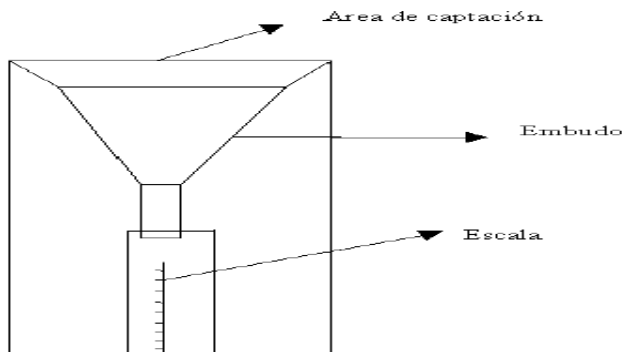
**4.4.8 Suelos Residuales.** Son el producto de la meteorización de las rocas y su comportamiento depende de las propiedades de la roca original y del grado de descomposición.

**4.4.9 Desastre.** Un desastre natural es una emergencia derivada de la acción de las fuerzas naturales que tiene consecuencias excepcionales, tales como pérdida de vidas, perjuicios en la infraestructura física y de servicios, así como pérdida de bienes materiales en grado tal que se vea afectado el proceso de desarrollo económico, social y ambiental. Los tipos de desastres naturales incluyen, entre otros, terremotos y maremotos, tormentas y huracanes, erupciones volcánicas,

inundaciones, sequías, **Fenómenos de Remoción en masa**, heladas, aludes o una combinación de ellos (Banco Interamericano de Desarrollo, 1997).

**4.4.10 Pluviómetros.** Son recipientes estandarizados en los cuales puede medirse la lámina precipitada. La figura 13 muestra un esquema de este tipo de mecanismos.

**Figura 13. Pluviómetro**



El pluviómetro consta fundamentalmente de tres partes. Un área de captación en la parte superior, que se comunica con un recipiente de área menor mediante un embudo. La relación entre las dos áreas es generalmente de 10, de tal manera que al introducir una escala graduada en centímetros en el recipiente inferior, se lee la precipitación real en milímetros. El pluviómetro sólo proporciona la altura de precipitación total en milímetros en intervalos de tiempo fijados de antemano, generalmente de 24 horas.

**4.4.11 Erodabilidad.** Resistencia del suelo a los procesos de desprendimientos y transportes, aunque la resistencia de un suelo a la erosión depende, en parte, de su posición topográfica, pendiente y grado de alteración, como por ejemplo mediante el labore, las propiedades del suelo son los determinantes.

La erosionabilidad varía con la textura del suelo, la estabilidad de los agregados, la resistencia al esfuerzo cortante, la capacidad de infiltración y los contenidos minerales y orgánicos.

## 5. HIPÓTESIS

- Las áreas urbanas son más susceptibles a sufrir fenómenos de remoción en masa e inundación que las áreas rurales, debido a que hay factores que aceleran el proceso de inestabilidad de una zona, tales como: la obstrucción de la ronda hidráulica de los cauces que modifica el drenaje natural creando empozamiento y áreas húmedas, reduciendo la capacidad hidráulica e intensificando la socavación, las explotaciones mineras (arcilla, arena, grava y gravilla) que se encuentran ubicadas dentro de la zona de estudio altera notablemente las condiciones naturales del terreno y por su mal manejo llegan a producir pendientes hasta de 90 grados, la invasión de viviendas en las laderas de los cerros que se encuentra dentro y a los alrededores del perímetro urbano que causan corte, sobrecarga y obstrucción de los drenaje de aguas lluvias debilitan la resistencia natural del terreno.
- La presencia de fallas geológicas en una zona pueden provocar fenómenos de remoción en masa. La interacción entre placas tectónicas es lo que se conoce como falla geológica que a su vez son fuentes de energía sísmica, haciendo que los esfuerzos cortantes del suelo disminuyan considerablemente en caso de ocurrencia de este fenómeno.
- El Factor Antrópico en la ladera de una zona aumenta considerablemente su inestabilidad. Este es un problema que se está presentado cada vez mas debido al crecimiento desordenado de la población que por la situación económica están construyendo en las laderas de la ciudad, provocando que haya sobrecarga en el terreno haciendo que se fracture el material y pierda su resistencia natural y también produzca deforestación de arbusto y árboles que ayudan a confinar el terreno por efecto de las raíces y evitan que las escorrentías de agua de lluvia arrastre material, lo erosione y debiliten sus condiciones geotécnicas. Como los pobladores necesitan cubrir algunas necesidades se ven en la obligación de construir sin ninguna supervisión profesional de redes de agua potable y alcantarillado haciendo que se produzca algunas filtraciones de éste en las uniones. Otro problema seria la extracción de material de los cerros que debilitan las condiciones geomecánicas.
- Las zonas donde han sufrido procesos de inestabilidad son mas susceptibles a fenómenos de remoción en masa. Las áreas que sufrieron deslizamientos y que fueron asentándose en su parte baja (Coluviones), han sufrido muchos cambios en su estructura geotécnica y geológica generando que el terreno sea muy fácil de deslizarse nuevamente.

## 6. JUSTIFICACIÓN

La mayor parte del subsuelo en el casco urbano y zona de expansión del Distrito de Santa Marta, se encuentra conformada por zonas planas, de origen aluvial, donde los cauces de los ríos que tienen su origen en las estribaciones de la Sierra Nevada (Río Manzanares, Río Gaira) circundan la ciudad, son susceptibles a procesos de erosión fluvial, por socavación debido al tipo de suelo que los conforman y al alto gradiente hidráulico de estos ríos; igualmente se evidencian fenómenos de erosión y fenómenos de remoción en masa (tipo caída, volcamiento, deslizamiento translacional por cuña) en las laderas de los cerros localizados dentro del área urbana, dada su composición litológica y estructural.

Por otro lado la costa Atlántica en este sector se encuentra atravesada por fallas geológicas importantes, como la falla Santa Marta - Bucaramanga y Oca. Actualmente y en marzo de 1993 la actividad sísmica en zonas cercanas a la ciudad de Santa Marta ha sido de baja a mediana intensidad (INGEOMINAS) (ver anexo F). Además, con el cambio de categoría de amenaza sísmica de la ciudad de baja a intermedia (según la NSR-98), tales situaciones ameritan la realización de estudios de Micro zonificación Sísmica, pero se requiere como insumo, establecer el comportamiento del subsuelo (Caracterización Geotécnica) y la evaluación de los fenómenos geológicos (Zonificación de Amenazas potenciales Geológicas).

La zonificación de amenazas es una herramienta muy útil para la toma de decisiones, especialmente en la primera etapa de planeación de proyecto tales como: edificaciones, presas, carreteras, canales, oleoductos, líneas eléctricas, etc., por cuanto le provee a los profesionales no especializados la información sobre los diferentes fenómenos geológicos, la severidad de la amenaza y el riesgo que pueden correr las obras que se planea construir. Los productos obtenidos a través de este estudio serán fundamentales para la elaboración de planes de contingencia en la Prevención y Atención de Desastres Naturales, además, en las políticas de recuperación del medio físico de la ciudad y como mecanismo de regulación de los futuros proyectos de obras civiles que va a realizar la ciudad en el desarrollo de su Plan de Ordenamiento Territorial (POT).

Con la entrega de este proyecto la Universidad obtendrá reconocimiento regional y nacional en el programa de Ingeniería Civil, por el beneficio que recibirá el Distrito de Santa Marta y su zona de expansión, además, se podrá integrar con otras instituciones o entidades que pretendan desarrollar proyectos más amplios en el Distrito, región o en el país, que involucren este proyecto.

## **7. MATERIALES UTILIZADOS PARA LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO**

- ➡ Cámara fotográfica y digital
- ➡ GPS
- ➡ Fotografía Satelital, Aéreas y Digitales de la zona de estudio
- ➡ Planos existentes como: redes de acueducto, redes de alcantarillado, cartografía base, geológico, uso del suelo, caracterización geotécnica, erosión, evidencia de fenómenos de remoción en masa, cobertura vegetal.
- ➡ Computador, impresora y escáner.
- ➡ Software tales como: Map Maker 3.0, Autocad 2002, Adobe acrobat 5.0, Office 2000.
- ➡ Papelería.
- ➡ Equipo de Perforación

## 8. METODOLOGÍA

### 8.1 SELECCIÓN Y MEDICIÓN DE LAS VARIABLES DE ANÁLISIS

La aplicación de este sistema de evaluación, supone la identificación previa de la unidad de terreno. Existen ocho parámetros que varían dependiendo de su característica y condiciones, ésta a su vez proporciona unos puntajes que se determinan de las tablas que se presenta a continuación. En la Tabla 1 se detalla la forma de evaluación de cada parámetro.

Tabla 1. Parámetros y factores de evaluación

PARÁMETRO		SÍMBOLO	FACTORES
de Tipo Material	Roca	M	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tipo de material rocoso</li> <li>Condición de fracturamiento</li> </ul>
	Material Intermedio		<ul style="list-style-type: none"> <li>Tipo de material intermedio</li> <li>Influencia de las estructuras</li> </ul>
	Suelo		<ul style="list-style-type: none"> <li>Tipo de suelo</li> <li>Condición in-situ</li> </ul>
Relieve		R	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pendiente</li> <li>Forma de perfil longitudinal</li> </ul>
Drenaje		D	<ul style="list-style-type: none"> <li>Densidad de drenaje</li> <li>Pendiente promedio de causas</li> </ul>
Erosión		E	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tipo de Erosión</li> <li>% de área afectada</li> </ul>
Clima		C	<ul style="list-style-type: none"> <li>Precipitación</li> </ul>
Vegetación		V	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pendiente</li> <li>Tipo de vegetación</li> <li>% de área cubierta</li> </ul>
Sismicidad		S	<ul style="list-style-type: none"> <li>Riesgo sísmico</li> <li>Tipo de material</li> </ul>
Evidencia de Inestabilidad		F	<ul style="list-style-type: none"> <li>% de área afectada</li> </ul>

**8.1.1 Tipo de material (M).** Para la evaluación de este parámetro se debe tener en cuenta que el material que conforma la unidad de terreno debe clasificarse como: roca, material intermedio y suelo. De acuerdo con esto y con las condiciones en que se encuentre el material se obtiene un puntaje del parámetro (M) el cual es característico a cada unidad de terreno.



TABLA 2. SISTEMA SEMI-CUANTITATIVO DE EVALUACIÓN DE ESTABILIDAD (Parámetro **M. material intermedio**), Puntaje

MATERIAL INTERMEDIO

\* Ver tabla A y B

Tabla A. Identificación de estructuras heredadas

ESTRUCTURAS HEREDADAS						Densidad Baja	Densidad Alta		
Sistemas de diaclazamiento (relleno o no, estriados o no)						4	8		
Contacto litológico y estratificación deposicional (Inherente a la roca parental)						5	10		
Superficie de meteorización pronunciada (a la larga de diaclasas y contactos)						5	10		
Diques y otras intrusiones						2	4		
Discontinuidades o disposición de los materiales						3	4		
Antigua superficie de deslizamiento (generalmente asociados a una o varias de las estructuras anteriores)						6	12		

Roca parental		Erodabilidad de la matriz				Influencia de las estructuras			
		Bajo	Medio	Alto	Muy alto				
Materiales residuales	Ígnea	2	3	4	4	Bajo	Medio	Alto	Muy Alto
	Metamórfica	1	2	3	4				
	Sedimentaria	1	2	3	4				
Materiales transportados	Talus o materiales coluvial	2	3	4	4				
Tipo 1									
Tipo 2						26	20	11	5
Tipo 3						16	13	7	3
Tipo 4						8	6	3	1

Tabla B. Influencia de las estructuras

Influencia	Suma de valores de las estructuras identificables
Baja	0-10
Media	10-20
Alta	20-30
Muy Alta	> 30

TABLA 3. SISTEMA SEMI-CUANTITATIVO DE EVALUACIÓN DE ESTABILIDAD (Parámetro **M, Roca y suelo**) Puntaje Máx: **50**)

ROCA															
TIPO DE ROCA						CONDICIONES DE FRACTURAMIENTO									
Origen	TEXTURA	FABRICA						Masiva ( > 100 cm. )	Ligeramente fracturada o cizallada ( 10 a 100 cm. )	Moderadamente cizallada o fracturada. ( 1 a 10 cm. )	Intensamente fracturada o cizallada ( < 1 cm. )				
		NO ORIENTADA			ORIENTADA										
		entreverado	cementado	consolidado	Foliado	cementado	consolidado								
Ígnea	cristalina	Tipo 1													
	Pira-clástica		Tipo 2												
Metamórfica	Cristalina masiva	Tipo 1													
	Cristalina veteada				Tipo 2										
Sedime	Cristalina	Tipo 2													
	clástica		Tipo 3		Tipo 3		Tipo 4					Tipo 4			
TIPO 1     ( $\sigma_c > 2000 \text{ Kg./cm}^2$ )												50	39	21	9
TIPO 2     ( $1000 < \sigma_c < 2000 \text{ Kg./cm}^2$ )												38	29	16	7
TIPO 3     ( $500 < \sigma_c < 1000 \text{ Kg./cm}^2$ )								23	18	10	4				
TIPO 4     ( $\sigma_c < 5000 \text{ Kg./cm}^2$ )								11	8	5	2				
* Separación entre sistemas de discontinuidades    ( según Miller )															

SUELO											
TIPO DE SUELO ROCA PARENTAL		Residual				Transportado					
		Suelo		Suelo Saprolítico		Transportado por acción directa de la gravedad		Transportado por agentes naturales			
								Agua		Viento	
		G	F	G	F			G	F	G	F
Ígnea		2	3	3	4	G	F	G	F	G	F
Metamórfica		1	2	2	3	3	4	2	3	2	3
Sedimentaria		1	2	2	3						
Ceniza volcánica		2	3	3	4						

( G ): Composición predominante granular ( > 65% Ret. T 200 )

Tipo de suelo	Condiciones en el terreno					
	granular (Densidad)			Fino (Consistencia)		
	Alta	Media	Baja	Dura	Media	Blanda
Tipo 1	25	16	7	23	14	6
Tipo 2	19	12	5	18	11	4
Tipo 3	11	7	3	11	7	3
Tipo 4	5	3	2	5	3	1

( F ): Composición predominante fina ( > 35% pasa T 200 )

- ❖ **Roca.** Se evalúa bajo dos aspectos principales; litología (resistencia al material rocoso) y condiciones de fracturamiento.
  
- ❖ **Material intermedio.** Se evalúa tres características principales; litología, erodabilidad de la matriz e influencia de la estructura. La litología se considera a partir del tipo de roca parental ya sea ígnea, metamórfica o sedimentaria también se incluyen los materiales depositados como; Coluviones y aluviones. Con respecto a la erodabilidad de la matriz se establecen cuatro tipos de material intermedio del más favorable al más desfavorable en término de estabilidad. Para los materiales depositado (coluviones, aluviones, talus, etc.) lo cual no presentan estructura heredadas, se debe evaluar la influencia de estructura a través de la identificación de grieta, superficie de sedimentación, superficie antigua de deslizamientos, o considerando simplemente que los materiales están dispuestos erráticamente.
  
- ❖ **Suelo.** Se evalúan en cuanto a su origen, naturaleza; granular o fina y su condiciones in situ. En cuanto a su origen se tiene dos tipos de suelo residual y transportado. De acuerdo la condiciones in situ de los suelos, se consideran tres condiciones de densidad (alta, media y baja) para los suelos granulares e igualmente tres condiciones de consistencia (dura, media y blanda) para los suelo de naturaleza fina.

**8.1.2 Relieve.** Se evalúan dos factores fundamentales; pendiente promedio y forma (perfil longitudinal) de la unidad de terreno. La evaluación de la pendiente promedio (Factor A) de la unidad de terreno, se hace utilizando el perfil hipotético de vertientes propuesto por Dalrymple (1968), que se encuentra en la figura 13 y la forma de la unidad de terreno (Factor B), se evalúa por medio de su perfil longitudinal representativo, para ellos se considera tres formas principales: Rectilíneo, Cóncavo y Convexo.

**8.1.3 Drenaje.** Se evalúan dos factores fundamentales; densidad de drenaje y pendiente promedio del cauce.

TABLA 4. SISTEMA SEMI-CUANTITATIVO DE EVALUACIÓN DE ESTABILIDAD A ESCALA INTERMEDIA (Parámetro D, Máx: 35)

PARAMETRO D (Puntaje máx. 35 )			
Pendiente promedio del cauce	Densidad de drenaje		
	Baja	Media	Alta
Baja (0° - 5°)	35	30	23
Media ( 5° - 15°)	25	19	13
Alta ( > 15°)	16	10	6

Figura 14. Perfil hipotético de procesos geomorfológicos (Dalrymple).

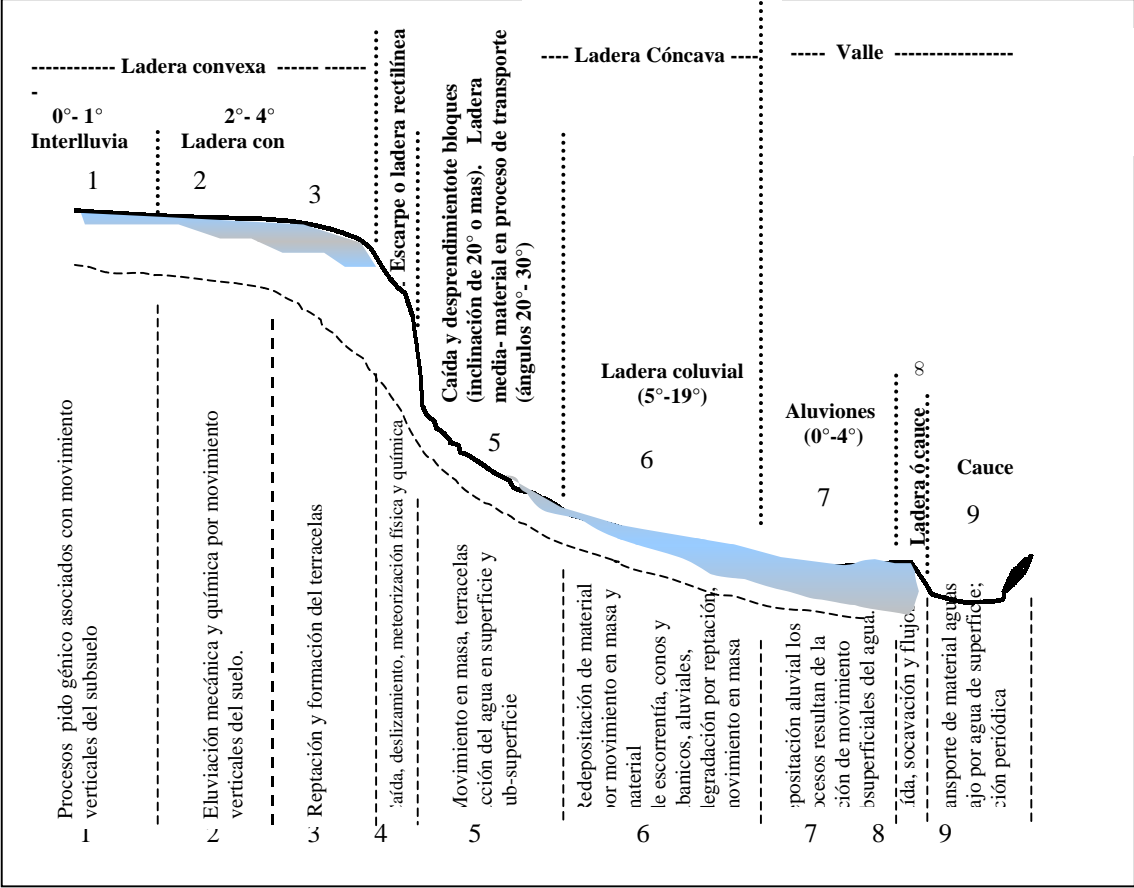


TABLA 5. SISTEMA SEMI-CUANTITATIVO DE EVALUACIÓN DE ESTABILIDAD A ESCALA INTERMEDIA (Parámetro R, Puntaje Máx: 44)

PARAMETRO R (R = A + B) Puntaje máx. 44				
	RANGO DE PENDIENTE	A	PERFIL	B
	0-7°	30	Convexo	9
	7-15°	16	Rectilíneo	12
	15-30°	10		
	30-45°	8	Cóncavo	14
	> 45°	6		

**8.1.4 Erosión.** Se evalúan dos factores fundamentales; tipo de erosión y porcentaje del área afectada por cada uno de ellos. Se consideran cuatro tipos principales de erosión, laminar, diferencial, concentrada y por socavación.

**8.1.5 Clima.** Se evalúan el factor precipitación a través de la precipitación media anual. Se incorporan dos parámetros; precipitación máxima diaria en épocas lluviosas para un periodo de retorno de 25 años y número máximo de días consecutivos de lluvias diarias superior al promedio diario en época lluviosa.

**8.1.6 Vegetación.** Se evalúan tres factores; pendiente del terreno, tipo de vegetación y porcentaje de área cubierta por esta. Cuando en el área se encuentre a la vez dos o más tipos de vegetación, se hace necesario considerar el porcentaje de área cubierta por cada uno de ellos.

**8.1.7 Sísmicidad.** Se evalúan dos factores; amenaza sísmica y tipo de material. El nivel de amenaza sísmica se evalúa a través de mapa de valores del coeficiente de Aceleración pico efectiva ( $A_a$ ) de la Norma Colombiana Sismo Resistente (NSR-98). Para la clasificación de los materiales según su susceptibilidad a eventos sísmicos se adoptaron los cuatro tipos de perfil establecido por la NSR-98.

**8.1.8 Evidencia de procesos antiguos de inestabilidad.** Debido a diferencia en naturaleza y forma de la evidencia de inestabilidad, se evalúa su distribución espacial como el porcentaje aproximado de área de la superficie del terreno directamente asociado con ellas. Así por ejemplo, la presencia de un gran escarpe implica el movimiento de una masa delimitada de alguna forma por él. El área aproximada, cubierta por dicha masa, será la que se considera en la evaluación.

**TABLA 6. SISTEMA SEMI-CUANTITATIVO DE EVALUACIÓN DE ESTABILIDAD A ESCALA INTERMEDIA** (Parámetros C, S, E, V, y F)

PARAMETRO C Puntaje Máx. 40							
PMA	Baja	Media			Alta		
C	40	19			8		
PMA: Precipitación media anual							

PARAMETRO S Puntaje Máx. 40								
Riesgo sísmico Tipo de material **	Valores de Aa*							
	0.00	0.05	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	
	S 1	24	21	17	13	8	5	2
	S 2	12	10	8	7	4	3	1
	S 3	4	3	3	2	1	1	0

\*Aa: Aceleración pico efectiva.

\*\* : Tipo de material según las Norma Colombiana Sismo Resistente (NSR-98)

S 1: a) Roca de cualquier característica, ya sea cristalina o lutítica que tiene una velocidad de la onda de cortante ≥ 750 m/s.

b) Perfiles conformados por suelos duros con un espesor menor de 60m, compuesto por depósitos estables de arenas, gravas o arcillas duras.

S 2: Perfil en donde entre las roca y la superficie hay más de 60m de depósitos de arcillas duras o suelos no cohesivos.

S 3: Perfil en donde entre las roca y la superficie hay más de 10m, de depósitos de arcillas cuya dureza varía entre media y blanda, con o sin intercalación de arenas u otros suelos no cohesivos.

PARAMETRO E Puntaje Máx. 35				
% de área afectada Tipo de erosión	Leve 0-10%	Moderada 10-30%	Severa 30-60%	Muy severa > 60%
Laminar	30	21	14	5
Diferencial	22	15	10	4
concentrada	15	11	7	3
por Socavación	11	8	5	2

Nota: Cuando no hay erosión el puntaje será 35

PARAMETRO V Puntaje Máx. 32									
Pendiente % área cubierta Tipo De vegetación	0° - 15°			15° - 45°			> 45°		
	0-30%	30-50%	>50%	0-30%	30-50%	>50%	0-30%	30-50%	>50%
Bosque nativo, secundario, rastrojo alto.	12	22	32	10	17	25	8	13	19
Rastrojo bajo, cultivos permanentes o semi permanentes.	10	18	27	7	12	17	3	5	7
Pasto o vegetación herbácea	10	17	25	6	10	14	2	4	6
Cultivos limpios o desmonte	8	14	20	3	6	8	1	2	3

Nota: Se debe escoger la condición de vegetación más desfavorable, presente en la unidad del terreno.

PARAMETRO F Puntaje Máx. 40				
% de área directamente asociada con evidencia de fenómenos antiguos de inestabilidad.	0 - 10%	10 - 30%	30 - 60%	>60%
F	40	28	18	7

## 8.2 RECOPIACIÓN DE LA INFORMACIÓN.

La obtención de la información secundaria fue determinada según el interés del estudio, en este caso corresponde a los datos de los eventos históricos de desastres naturales, geología, geomorfología, hidrología, vegetación, uso del suelo, redes de acueducto y alcantarillado, Sísmicidad y proceso erosivo del área de investigación. Las fuentes de donde se recogió la información fue de entidades tales como: **METROAGUA** (mapa formato papel (actualizado) de redes de acueducto (esc 1:12500), alcantarillado (esc 1:12500) y geológico (esc 1:20000)), **CORPAMAG** (mapa no digital de cobertura vegetal (esc 1:100000), “Informe del estudio para la elaboración de planos multiusos, multipropósitos, y la zonificación geológica y geomorfológica del distrito de Santa Marta”), **IDEAM** (datos de precipitación de los últimos 25 años de las Estaciones; Aeropuerto Simón Bolívar, UNIMAG, San Lorenzo y Minca), **IGAG** (fotografías aéreas) e **INGEOMINAS** (mapa formato papel de fallas geológicas (esc 1:100000)) y de proyectos de grado de los estudiante de ingeniería civil tales como: **Caracterización Geotécnica** (mapa digital de caracterización geotécnica) e **Inventario de fenómeno de remoción en masa** (mapa digital de erosión y de evidencias de fenómenos de remoción en masa).

La información primaria se hizo para completar y corroborar la información secundaria. Los trabajos de campo se realizaron para determinar la localización con GPS y descripción de las canteras, ladrilleras, vías, estado de los cauces principales, áreas sin acueducto, vegetación y viviendas en las laderas del área de estudio; también para colaborar en el proyecto de “**Caracterización geotécnica**” en los sondeos realizados. Los datos recogidos fueron organizados para cada uno de los parámetros que define la metodología, por ejemplo, parámetro de vegetación, toda la información relacionada con la vegetación del área de estudio fue apartada y así sucesivamente para cada parámetro de evaluación de estabilidad. Algunas informaciones fueron digitalizadas y otras se utilizaron para corroborar las informaciones secundarias.

## 8.3 ELABORACIÓN DE MAPAS TEMÁTICOS

El procesamiento de la información fue a base de un Sistema de Información Geográfica (Map Maker 3.5) y análisis Estadístico. Con base a la información primaria y secundaria se establecieron los alcances y limitaciones de la información, definiéndose las características de las áreas homogéneas para cada uno de los elementos por evaluar.

Con las convenciones temáticas definidas se elabora para los mapas temáticos base sobre: (M) materiales, (R) relieve, (D) drenaje, (V) vegetación, (F) evidencias de inestabilidad, (E) erosión, (C) clima, (S) sísmicidad y (A) factor antrópico; este ultimo parámetro se obtiene con la elaboración de 5 mapas temáticos a saber: (EM) explotaciones mineras, (AP) acueducto, (AS) alcantarillado sanitario, (VI) vías y (RH) rondas.

## **8.4 IMPLEMENTACIÓN DEL SIG**

Los mapas “Caracterización Geotécnica”, “Erosión” y “Evidencias de Fenómenos de Remoción en Masa” que estaban digitalizados en AUTOCAD se incorporaron al Sistema de Información Geográfica (Map Maker 3.5); los mapas no digitales “Redes de Acueducto y Alcantarillado”, “Geológico”, “Vegetación”, “Fallas Geológicas”, “Cartografía Base (drenajes, ríos, cuadras y curvas de nivel)” y “Sísmicidad”, los parámetros de “Explotación Minera” y “Vías” se digitalizaron en el SIG por medio de la información primaria recogida en campo y el parámetro de “Clima” se digitalizo con la condición mas desfavorable (precipitación media anual alta) por considerar que las lluvias es el principal factor detonante, aunque en ocasiones es solo un factor contribuyente.

Después de digitalizados los mapas se les adicionó la base de datos de la información procesada y la asignación de la calificación del grado de afectación de la estabilidad del área.

En el caso del mapa temático final del Factor Antrópico se estableció para cada una de las variables estudiadas (explotación minera, redes de acueducto y alcantarillado, vías y ronda hidráulica) una calificación según el orden de afectación. La superposición de los cinco (5) mapas base se hizo a través del SIG(Arcview 3.2), dando como resultado un mapa preliminar de áreas de similar afectación o zonas de conflicto por acción del hombre sobre la estabilidad, el cual fue ajustado posteriormente al mapa temático de este parámetro.

## **8.5 ELABORACIÓN DE MAPAS DEFINITIVOS**

Cada parámetro que se definió en la metodología corresponde a la elaboración de un mapa temático, a cada uno de esos mapas se le hizo un análisis



multidisciplinario es decir cada mapa temático valorizado se superpone y extrapola mediante la utilización de un Sistema de Información Geográfico (Arcview 3.2)

La presentación de los resultados serán en dos partes una por medio de mapas temáticos y la otra por un informe detallado de la base de datos de la elaboración de esos mapas. El mapa final es el resultado de la superposición de cada mapa temático valorizado lo cual representa el **Mapa de Susceptibilidad por Amenazas Geológicas Potenciales.**

## 9. LIMITACIONES

- Disponibilidad de la información que permita fijar rango de influencia de las variables, como por ejemplo valores de precipitación por la falta de estaciones pluviométricas de la zona.
- Disponibilidad de recursos necesarios para la corroboración de los datos de la zona de estudio.
- Fotografías aéreas actualizadas, las fotografías aéreas que tiene actualmente el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), son del año 1995 y hasta la fecha son ocho años, en donde la población ha venido construyendo sus viviendas en las laderas de los cerros y en las rondas de los ríos debido a la situación económica y social de la ciudad.
- Naturaleza de los factores que determina la estabilidad de una ladera.
- Accesibilidad a información por parte de entidades que hacen parte de este proyecto.
- Disponibilidad de recursos económicos para el ploteo de los mapas obtenidos.

En cuanto al método utilizado se tienen las siguientes limitaciones:

- Disponibilidad de estudio que permita fijar valores límites según los cuales se defina su influencia favorable o desfavorable en la estabilidad, como por ejemplo, el caso de la incidencia de la lluvia en la estabilidad de la ladera.
- Los números de unidades de terreno que se evalúan para la correlación por constituir diversos ambientes geológicos y geotécnicos.

## **10. GENERALIDADES DEL DISTRITO**

### **10.1 LOCALIZACIÓN Y ÁREA**

El área de estudio corresponde al casco urbano del Distrito Cultural e Histórico de Santa Marta la cual tiene una extensión aproximada de 106 Km<sup>2</sup>. (Ver figura 15) y está ubicado al norte del departamento del Magdalena, frente a la costa del Mar Caribe. Las coordenadas geográficas son:

**N: 1.726.000**

**E: 981.000**

**N: 1.737.000**

**E: 994.000**

### **10.2 VÍAS DE ACCESO**

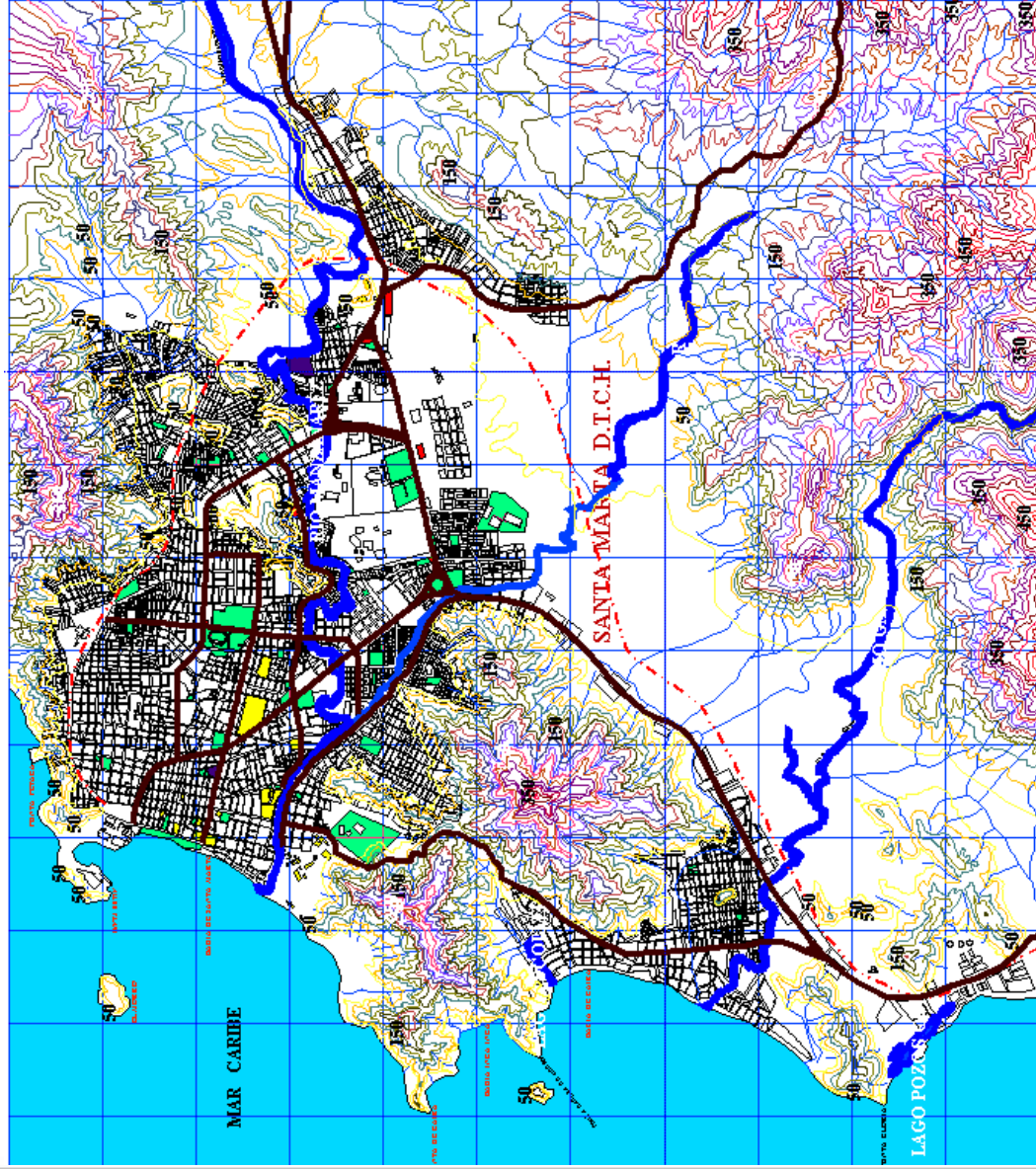
La principal vía de acceso terrestre a la ciudad es la troncal del caribe que le comunica por el Norte con el departamento de la Guajira y por el Sur con el municipio de Ciénaga y los departamentos del Cesar y Atlántico.

Cuenta la ciudad de Santa Marta con el aeropuerto Simón Bolívar el cual está comunicado con las ciudades del interior del país y por épocas se han realizado vuelos internacionales.

Es también terminal de la red férrea, denominado el tramo como ferrocarril del Atlántico, el cual en la actualidad se encuentra en proceso de rehabilitación para el transporte de carga por parte de la empresa Ferroatlántico.

Y quizás el acceso principal de carga de la ciudad lo constituye su puerto marítimo, el cual hoy se ha convertido en el primer puerto sobre el mar caribe en territorio colombiano.

# BASE CARTOGRAFICA DEL DEL DISTRITO DE SANTA MARTA



**CONVENCIONES TOPOGRAFICAS**

	Drenaje
	Curva de Nivel
	Rio, Quebrada
	Linea Fierrea
	Vias Principales
	Manzana, Cuadra
	Laguna
	Parque, Zona Verde
	Cementerio
	Estación de Servicio
	Entidades Indispensables

UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA  
SANTAMARTA D.T.C.H.

Contiene:  
BASE CARTOGRAFICA DEL CASCO  
URBANO DEL DISTRITO DE SANTA  
MARTA

Diseño y Dibujo:  
Vladimir Arenas Q. Freddy Mazzeoni G.

Escala: 1 : 80.000 Plano: 1 de 16

Observaciones:

Zonificación de Amenazas Geológicas Potenciales del  
Casco Urbano del Distrito de Santa Marta

## 11. DIAGNOSTICO BIOFÍSICO

### 11.1 GEOLOGÍA

**11.1.1 Geología Histórica Local.** En el cretáceo se depositaron sedimentos pelíticos y calcáreos, los cuales en el terciario eoceno medio estuvieron sometidos a esfuerzos tectónicos máximos laterales, que generaron grandes planos de debilidad, que a su vez fueron aprovechados por las altas presiones y temperatura corticales para generar un intenso plutonismo y metamorfismo de los sedimentos; este evento fue conocido en la orogenia pre-andina, transformando los sedimentos cretáceos a esquistos, terminando en la intrusión de los batolitos cuarzo-dioríticos de Santa Marta.

La información existente indica cambio de clima y vegetación en la Sierra Nevada de Santa Marta, comportamiento que corresponde a la sucesión de periodos glaciales e interglaciares. Los depósitos en el valle del río Gaira comparados con otros depósitos torrenciales en las corrientes que descienden de la Sierra Nevada en el costado sur-occidental corrobora la hipótesis anterior.

**11.1.2 Geología General.** La geología del área está conformada por rocas ígneas y metamórficas en la zona de alta pendiente y depósitos poco o nada consolidados del cuaternario. Los procesos geológicos que formaron las distintas unidades en la regiones deben a los siguientes eventos geológicos: en el cretáceo hubo una depositación de sedimentos pelíticos calcáreos, los cuales estuvieron sometidos a esfuerzos laterales en el terciario y en el Eoceno medio, generando grandes planos de debilidad que fueron aprovechados por grandes presiones y temperaturas corticales para originar un intenso plutonismo y metamorfismo de estos sedimentos. Existen tres factores que condicionan el comportamiento geológico de la zona lo cual se describen a continuación.

➤ **Topografía.** El mapa topográfico, que sirve de base al mapa geológico, presentan curvas de nivel cada 25 metros y el rango de pendiente predominante en la zona de estudio es de 0°-7° con un porcentaje de 61%. Desde el punto de vista geotécnico la pendiente de 45° corresponde a la denominada pendiente máxima de estabilidad de materiales, que predispone los materiales alterado para su transporte, esta pendiente máxima tiene en el área de estudio un porcentaje de 0.5%. Es evidente que existen unidades geomorfológicas intermedias, de menos

pendiente, producto de la menor resistencia a la erosión de algunas formaciones geológicas y de algunos tipos de rocas poco resistentes como los esquistos.

➤ **Tectónica.** En el área de estudio se presentan varias fallas y lineamientos fallados que limitan las unidades litológicas. Las mas importantes fallas que se observan en el área de estudio se describen a continuación.

- ❖ **Falla Santa Marta – Bucaramanga.** Según Irving; se trata de una falla que pone en contacto la placa del océano atlántico, con la Sierra Nevada de Santa Marta, con una zona de subducción profunda, proyectado hacia el sureste. Esta falla de dirección sureste–noroeste, ha originado el afloramiento de calizas, mármoles, esquistos metamórficos, algunos no diferenciados, neises horbléndicos y amorfositicos, granulitos y granodioritas, al igual que esquistos micáceos.
- ❖ **Falla de las Tres Cruces.** Esta falla presenta en el mapa un trazado de dirección sur-norte, llegando hasta el llamado cerro de las Tres Cruces, del cual toma su nombre. Esta falla genera el denominado callejón del seno, zona plana que une a las poblaciones de Gaira y Mamatoco, al sureste de Santa Marta.
- ❖ **Lineamiento Fallado de Veracruz.** Este lineamiento une los trazos de las quebradas Seca y Mojada, afluente del Manzanares. El mapa geomorfológico muestra su cabecera cerca a la hacienda Veracruz (cerca de Bonda). En general se aprecia que el río Manzanares, presenta pocas influencias tectónicas y por lo tanto, la expresión morfológicas más significativas, corresponde a la influencia de la falla Santa Marta – Bucaramanga .

➤ **Litología.** En la zona se distinguen las siguientes unidades geológicas:

- ❖ **Roca Metamórfica.** Están determinadas por diferencias en la orientación y el alineamiento de los cristales, a la par que en el tamaño de éstos. El grupo estructural básico foliado es de tres tipos: néisicos, esquistosos y pizarrosos, en los cuales ciertos minerales hojosos laminares, como la mica y la diorita, están casi alineados paralelamente por lo que la roca se parte fácilmente según su plano de foliación también paralelos y muy patentes,

que siguen la dirección de las partículas minerales. Dentro de la roca metamórfica que se encuentran en la zona de estudio son:

- ❑ **Esquisto de Santa Marta (Tb).** Edad de metamorfismo, aproximadamente 50 millones de años. Son de origen pelítico compuesto principalmente por cuarzo, plagioclasas y micas máficas; afloran en el área de interés al norte, nororiente, sur y centro. Esta formación se encuentra fracturada debido a la tectónica regional bajo la cual han estado sometidas; existen familias de fracturas en varias direcciones que tienen diferentes tipos de rellenos.

Las rocas metamórficas descritas localmente se encuentran intruidas por rocas ígneas, compuestas por cuarzo, plagioclasas, ortoclasas y hornblenda que se puede clasificar como sienogranito hornblendico. Esta composición se encuentra en el contacto entre rocas ígneas y Metamórficas y en el presente estudio se denomina **Tbe**.

- ❑ **Filita de Taganga (Ft).** Con características formacionales similares que los esquistos de Gaira se diferencia en su composición. Estos son de origen calcáreo con alto porcentaje de arcilla, compuesta por cuarzo, epidita, zoisita y moscovita como producto de un metamorfismo regional de bajo grado. Este cuerpo aflora al norte de la zona de estudio en el trayecto punta Betín-San Fernando.
- ❖ **Roca Ígnea.** La estructura de las rocas ígneas se caracterizan por diferencias en el grado de cristalización y en tamaño de los cristales. Ambos factores están determinados a su vez por la velocidad de enfriamiento, aunque también incluyen la composición química del magma y su contenido son sustancias volátiles. Son de estructura básica granular; rocas formadas por cristales bastante grandes que pueden verse e identificarse a simple vista, varía mucho el tamaño medio de los granos en las distintas rocas entre 0.5 – 1.0 cm de diámetro; pero las rocas más comunes el granito por ejemplo lo posee de un tamaño medio entre los 3 – 5 mm. Dentro de las rocas ígneas que más se presentan en la zona podemos encontrar:
  - ❑ **Batolito de Santa Marta (Tb).** Esta roca aflora al oriente y sur oriente; está constituido principalmente por rocas ácidas como granito y por concentraciones mineralógicas de rocas básicas como granodiorita hornblendica. Este tipo de roca se presenta en zonas de contacto con el

esquisto de Gaira en algunos cerros en el rodadero. Las rocas graníticas presentan alto grado de meteorización y alto fracturamiento con alteración por epidotización. Es común encontrar cuerpo vetiformes de cuarzo y epidota distribuidos muy erráticamente (al azar) dentro del cuerpo ígneo, la cual es una manifestación clara de que han ocurrido alteraciones hidrotermales. El tamaño y formación de los cristales de este cuerpo indican que ha tenido lugar una ascensión lenta, donde las condiciones iniciales de presión y temperatura disminuyeron también lentamente. Existen depósitos de magnesita en los cerros de las Tres Cruces y la Ilorona. El mineral se presenta en forma veticular y con frecuencia presenta Sílice opalina, las venas de magnesita cristalina son de origen asociado a esquistos talcosos cloríticos o micáceos.

❖ **Roca Sedimentaria.** Está compuesto de materiales que, finalmente, se derivan de la desintegración por interperismo y erosión de las antiguas rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas. La materia mineral disuelta forma fragmentos sólidos que se acumulan, para formar las rocas sedimentarias fragmentarias o clásticas. Entre las rocas sedimentarias tenemos:

- ***Cuaternario de Coluviones (Qc).*** Se encuentra rellenando pequeñas depresiones de las vertientes de los valles del río Manzanares y sus afluentes; también se presenta al pie de las pendientes de las estribaciones de la Sierra Nevada de Santa Marta. Consta de materiales transportados por el agua, el viento y por agente que actúan en la vertiente y que producen derrubios que a su vez son favorecidos por el diaclazamiento y meteorización.
- ***Cuaternario de Terraza Aluvial (Qta).*** Formado por las llanuras de los ríos Manzanares, Gaira y sus afluentes. La disposición de las capas aluviales que constituyen las terrazas están compuestas principalmente por gravas, arenas y capas de arcillas cuya litología y espesor varían según la historia morfológica del valle; además se observa que los lechos actuales son más estrechos que los antiguos, lo que puede implicar que sus episodios han sido cada vez más cortos y sus caudales más débiles. Están compuestos por fragmentos de rocas ígneas y metamórficas de los alrededores. Esta llanura se encuentra disertada por los ríos formando terrazas de 2 a 5 metros del nivel actual del río.



- ***Cuaternario de Terraza Marina (Qtm).*** Originada por la erosión del oleaje en las rocas preexistentes, se extiende paralelo a la línea de la costa. Esta terraza puede provenir de roca meteorizada o puede estar cubierta por un depósito transitorio de arena, grava o cantos rodados. La bahía de Santa Marta está limitada a una faja en la cabecera de la bahía denominada playa del bolsillo o playa media luna; las playas localizadas en las puntas se conocen con el nombre de playas promotorios. La distribución de las olas como principal agente modelador de paisaje tiene la tendencia de converger sobre los promotorios y divergir sobre la bahía.

**11.1.3 Geología Estructural.** Por lo general las rocas se encuentran muy fracturadas y diaclazadas debido a la alta actividad tectónica regional a la cual han sido sometidas a través del tiempo; se encuentra en la roca, diques de cuarzo intruidos de distintos espesores que atraviesan los planos de foliación.

En el mapa geológico de la zona de estudio, se señala la presencia de fallas locales. Estos tipos de fallas son muy importantes a nivel estructural pues influyen en el comportamiento hidrogeológico del área.

Las principales estructuras en la zona corresponden a pequeñas fallas observadas localmente sin presentar continuidad en tramos largos; fotogeológicamente se observan una serie de lineamientos en el área. Sin embargo, en la geología de campo realizada no se encuentran evidencias de fallas importantes aunque el posible contacto entre el esquistos y el batolito esté cubierto por depósitos cuaternarios.

## **11.2 GEOMORFOLOGIA**

**11.2.1 Características Geomorfológicas.** En la zona de estudio se pueden diferenciar claramente dos zonas geomorfológicas principales; la primera de alta pendiente determinada por rocas ígneas y metamórficas y la segunda de baja pendiente compuesta principalmente por relleno aluvial y depósitos torrenciales de los ríos Gaira, Manzanares y sus afluentes. La litología del área determina la localización y extensión de las superficies planas, las crestas y la densidad de los valles. El drenaje de esta zona es principalmente erosivo lo cual se observa mediante la profundización de los valles, la eficiencia de esta erosión es determinada por el agua corriente que actúa como vector principal de morfogénesis y el grado de intervención antrópica cuyo efecto principal es la deforestación. En conclusión, el proceso regulador del paisaje que sobre sale es

la erosión aluvial, aunque también modela el paisaje, la depositación de material en la zonas de baja pendiente.

❖ **Zonas de Altas Pendientes.** La geomorfología de esta área está influenciada por las dos formaciones de altas pendientes con las cuales limita al Norte, Sur y Oriente, teniendo en cuenta la altura topográfica del área de estudio, ésto se puede ubicar en el piso térmico representado por bosque tropical seco y materiales espinosos. Las rocas ígneas en la zona están representadas por los Esquisto de Gaira; teniendo en cuenta que la precipitación anual en los alrededores es del orden de 638.1 mm y que la temperatura promedio es de 28° C, se ha producido en esta formación un desarrollo incipiente del suelo con una meteorización de 0.2 a 0.5 metros de matriz limo arcilloso de color rojo pardusco. La roca metamórfica está representada por el Batolito de Santa Marta en donde se encuentran condiciones pluviométricas muy parecidas. En esta formación predomina la meteorización profunda en suelos residuales hasta de 5m. El soprolito formado tiene color gris claro pudiéndose clasificar como suelo Entisol. Otro factores modeladores de paisaje son: el escurrimiento difuso, observado al pie de las vertientes, la existencia de conos y abanicos aluviales.

❖ **Zonas de Bajas Pendientes.** Esta zona está compuesta por relleno aluvial de las rocas ígneas y Metamórficas y algunos depósitos torrenciales del río Manzanares, que crean terrazas correspondientes con la planicie de Pie de monte y termina formando una planicie aluvial. Los valles formados por los ríos presentan secciones transversales en forma de U, mostrando relativa madurez topográfica.

**11.2.2 Dinámica Costera.** La bahía de Santa Marta, debido a sus características topográficas y de orientación con respecto a su oleaje, es considerado como el mejor puerto natural del país. Una de las características particulares de la zona costera de la región de Santa Marta es su relieve montañoso y escarpado, que contrasta bruscamente con el de las llanuras costeras del complejo deltaico del Magdalena y de las planicies aluviales de la baja Guajira. En forma general puede asumirse que la topografía de la zona costera se manifiesta de tal forma similar en los fondos submarinos adyacentes.

De la topografía del fondo submarino entre los 0 y 100 m de la profundidad, se observa una fuerte pendiente del fondo, que revela la inexistencia de una plataforma continental convencional; se trata más bien de un talud con inclinación variable según la profundidad. Primero se produce una pendiente de 1/20 (5%), sigue después un declive de 50 m y pendiente de 1/3; finalmente se extiende el

fondo plano de la bahía, constituido por arenas que cubren la roca metamórfica que esta expuesta en el declive. Por lo genera la zona de estudio presenta condiciones óptimas para la explotación turística, por su baja pendiente en los primero 100 metros de playa.

**11.2.3 Suelos.** Sobre el área de influencia del proyecto se pueden observar diferentes tipos de usos del suelo. Considerando esta situación se establece como criterio de clasificación los siguientes:

❖ Uso actual del suelo

❖ Aptitud de uso

➤ **Tipo 1 (suelo de montaña sobre rocas ígneas o metamórficas).** Se localiza sobre la zona norte, oriental, sur y central de la zona de estudio, el suelo ubicado en estas áreas se caracteriza por presentar fuerte pendiente, material litológico compuestos por esquistos en matriz arcillosa en su mayor parte y por granodiaritas en matriz areno-limosa en el sector sur oriente, suelos de montaña muy superficiales y existe bosque natural que en algunos sectores está bastante intervenido.

➤ **Tipo 2 ( Suelo Coluviales).** Es el suelo generado en las acumulaciones coluviales de pie de vertiente que representa diversas clases de pendiente según su localización y poseen capas moderadamente profundas con bastantes fragmentos de roca, normalmente esquistos provenientes de los escarpes superiores embebido en una matriz arcillosa. Su vegetación natural ha sido intervenida por asentamientos urbanos estableciéndose muchos barrios populares de amplia tradición tales como: María Eugenia, San Pablo, El Pando, Nacho Vives, San Fernando, etc.

➤ **Tipo 3 ( Suelos de Terrazas Aluviales antiguas).** Corresponde a material aluvial del río Manzanares que hoy cubre las terrazas aluviales antiguas de este río las cuales constituyen el acuífero explotable en esta zona. Sus suelos son moderadamente profundos (1.5 a 5 metros aproximadamente) de textura media y bien drenados, el cual presenta en varios puntos material alcalinizado posiblemente de influencia marina. Sobre estas unidades se encuentra gran parte de la zona urbana de la ciudad, existiendo sectores densamente poblados y otros sectores como la Quinta de San Pedro Alejandrino, Granja de la Secretaria de Agricultura y Fomento Departamental, Granja de CORPAMAG, Universidad de

Magdalena, etc., donde todavía se pueden encontrar, zonas verde y vegetación natural.

➤ **Tipo 4 (Suelos de Terrazas Aluviales Recientes).** Este tipo de suelo corresponde al lecho mayor del río Manzanares y la Quebrada Tamacá, definida como una franja a lado y lado del río donde éste puede desbordarse. Los suelos de esta área son mal estructurados, de textura gruesa en su mayor parte y con un nivel freático fluctuante. Su principal importancia radica en el desarrollo del bosque de galería que cada vez está mas reducido debido a la invasión de la ronda hidráulica por parte de pobladores de bajos recursos.

➤ **Tipo 5 (Suelos de los Cauces Naturales).** Son los suelos que conforman los corredores de drenajes naturales de las aguas de escorrentía, de gran importancia para la regulación hídrica. Su actitud natural es la de drenar las aguas lluvias, pero debido al desarrollo urbano sin control en muchos puntos, su vegetación natural ha sido intervenida y sus cauces desviados.

➤ **Tipo 6 (Suelos de Terrazas Marinas).** Están ubicados principalmente en las zonas de la bahía de Santa Marta, Rodadero y Taganga, su textura es arenosa y apta para la explotación turística.

### 11.3 CLIMA

A nivel regional el clima se encuentra dominado por dos factores como son: el frente de convergencia intertropical (FCI) y la barreras conformadas por las altas montañas del suroccidente de la Sierra Nevada de Santa Marta que evitan la penetración de vientos marinos hacia la Sierra orientado topográficamente el movimiento de los vientos y las lluvias. En el área de estudio, los vientos alisios del hemisferio Norte soplan normalmente en dirección Noreste produciendo patrones forzados de precipitación durante dos estaciones del año a medida que el frente de convergencia intertropical se mueva hacia el norte y el sur del área del proyecto, dado como resultado dos periodo lluviosos y dos secos.

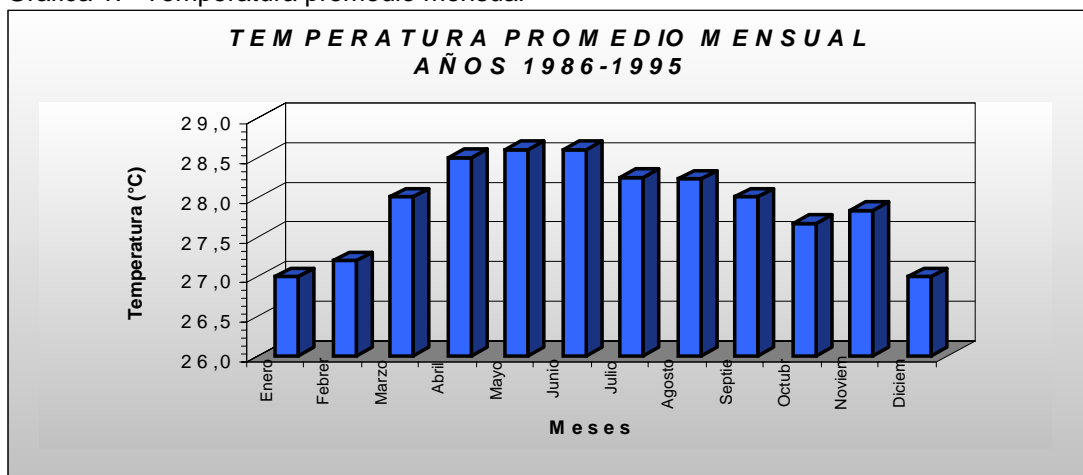
➤ **11.3.1 Temperatura.** La temperatura en el área de estudio se registra en la estación meteorológica del IDEAM ubicada en el aeropuerto Simón Bolívar, la cual fue escogida por su cercanía costera simulando las características de la zona de estudio. En esta zona se registra en los últimos 10 años una temperatura media de 28°C siendo Junio el mes mas caluroso con una temperatura promedio de 28.79°C registrándose un valor máximo de 29.9°C para este mes y un valor mínimo registrado de 26°C en el mes de Diciembre. A continuación se presentan las tablas

7y 8 y sus respectivas graficas para cada valores. Los valores donde se determino estos promedios se encuentran en el anexo K.

**Tabla 7.** Temperatura promedio mensual Años 1986-1995

Ener	Febre	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agost	Septi	Octub	Novie	Dicie
27,0	27,2	28,0	28,5	28,6	28,6	28,3	28,2	28,0	27,7	27,8	27,0

**Grafica 1.** Temperatura promedio mensual



**Tabla 8.** Temperatura promedio Anual

Años	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
Temp. promedio	27.9	28.5	27.7	28.3	28.0	28.1	27.3	27.9	27.6	28.7

**11.3.2 Precipitación.** Como precipitación se conocen todas las formas de humedad que caen a la tierra, provenientes de las nubes, como agua, nieve y hielo.

La información es recogida de cuatro estaciones operadas por el instituto de Hidrología, Meteorología y Adecuación de Tierra HIMAT. Los valores de la precipitación media anual indican que ésta es relativamente baja en la cuenca inferior del río Manzanares. En la Universidad del Magdalena el valor promedio multianual es de 638.1mm. en las estaciones vecinas ubicadas en las partes bajas de sus respectivas cuencas la precipitación anual oscila entre 353.1 mm. (Aeropuerto Simón Bolívar) y 815.7 mm. (centro Agropecuario SENA). En la parte alta de la cuenca del río Manzanares no existe información de precipitación, sin embargo en la cuenca vecina del río piedras está la estación climatológica de San

Lorenzo, ubicada a 2200 metros sobre el nivel del mar, con valor promedio anual de precipitación de 2610 mm. La curva de Isoyetas de la cuenca indica desde un valor mayor a 400 mm en la parte baja hasta 2500 mm en la zona de mayor altitud. De esta manera puede afirmarse que la precipitación anual promedio sobre la cuenca del río Manzanares es aproximadamente 1500 mm. La localización de las estaciones se puede observar en la tabla 9, donde se indican las principales característica de las estaciones.

Tabla 9. Principales característica de las estaciones Metereológicas del estudio

Nombre	Código	Tipo(*)	Altitud (m)	Fecha Instalación	Latitud	Longitud
Universidad Del Magdalena	1501504	CO	7	Jun-73	11°14'	74°11'
Minca	1501001	PM	650	May-65	11°10'	74°08'
Aeropuerto Simón Bolívar	1501505	SP	4	1952	11°08'	74°14'
San Lorenzo		CP	2200	1966	11°07'	74°03'

\*(CO = Climatología ordinaria, PM = Pluviométrica, SP = Sinóptica Principal, CP = Climatología pluviométrica)

➤ **Estación UNIMAG.** Ubicada en la coordenadas 11°14' de latitud Norte, 74°11' de longitud Oeste y a una altura de 7 msnm. Esta estación es operada por el IDEAM y fue instalada en el año 1973. Los registros provenientes de esta estación datan desde el año 1981, y tienen la dimensión adecuada para hacer el análisis de precipitación, esta estación fue nuevamente instalada en el año 2002 (pero no se tienen los datos de este periodo). En la tabla 10 y 11 se muestran los promedio de los valores de la precipitación que se determino de ésta estación y con sus respectivas graficas. Los valores donde se determino estos promedios se encuentran en el anexo I.

Tabla 10. Precipitación media anual (UNIMAG)

Años	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991
PMA	34,5	29,1	27,8	28,6	33	25,8	36,5	49,6	45,3	37,4	15,3
PA máx.	10,8	93,5	93,9	80,9	67,8	95,7	87,2	85	130,6	105,6	35,2
PA mín.	9,7	0,6	2,8	0,6	5,2	2,4	1,9	0,3	3,9	3	0,5

Años	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
PMA	43,4	28,3	17,4	23,2	30,1	28,8	42,6	36,3	30,9	51,1
PA máx.	59	55,9	32,6	102,8	126,4	94,4	107,8	87,6	110,8	39,6
PA mín.	23,2	1,5	0,3	0,4	1,6	0,1	2,8	0,2	0,1	11,5

Grafica 2. Precipitación media Anual

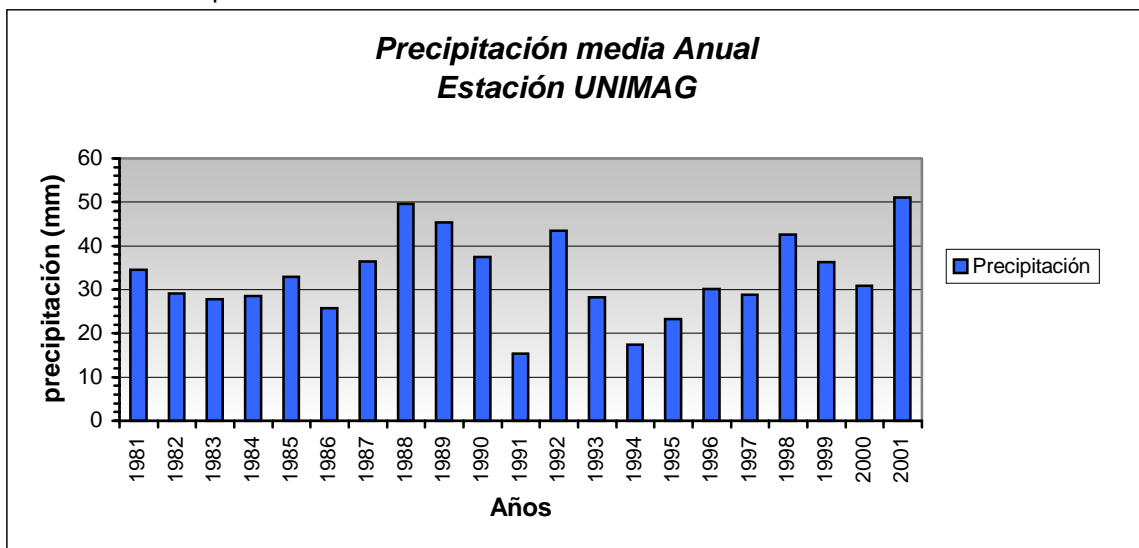
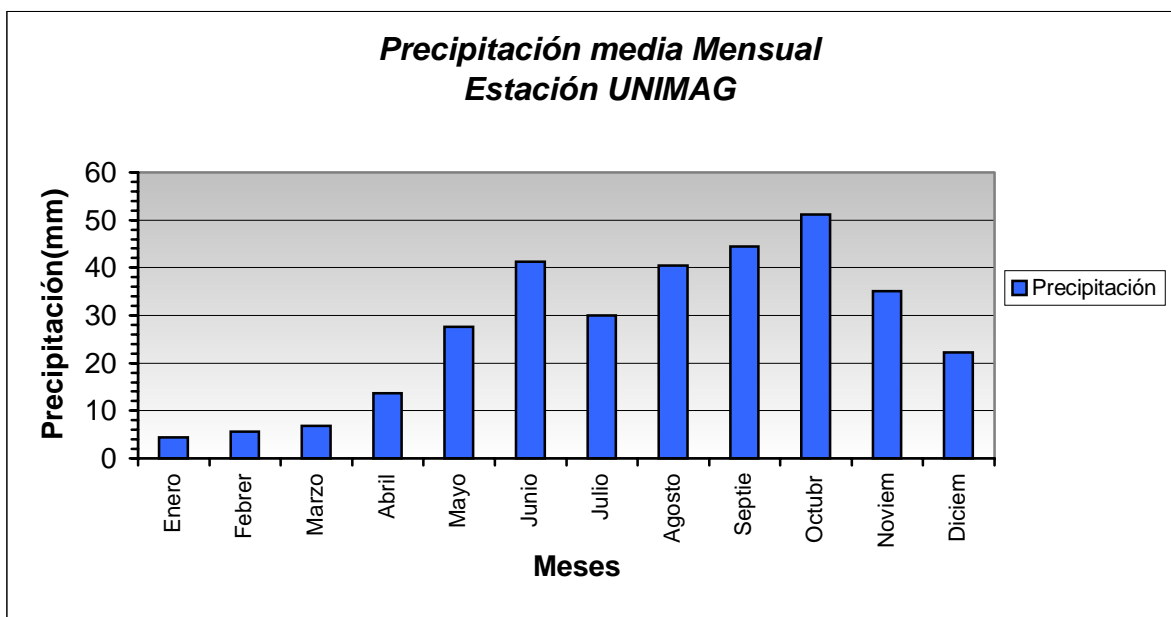


Tabla 11. Precipitación media Mensual (UNIMAG)

Meses	Ener	Feb	Mar	Abril	Mayo	Junio	Julio	Ago	Sep	Oct	Novi e	Dicie	total
PMM	4,4	5,6	6,8	13,6	27,6	41,2	30	40,5	44,4	51,2	35,1	22,2	322,6
PM máx	19,4	9,7	36,8	50,2	95,7	110,8	87,2	130,6	102,8	126,4	105,6	52,2	
PM min	0,1	1,5	0,2	0,1	1,3	0,7	3	5,6	8,4	19,2	2,7	0,5	
%PMM	1,4	1,7	2,1	4,2	8,6	12,8	9,3	12,6	13,8	15,9	10,8	6,8	100

Grafica 3. Precipitación media Mensual



➤ **Estación Minca.** Ubicada en las coordenadas 11°10' de latitud Norte, 74°08' de longitud Oeste y una altura de 650 msnm. Es operada por el IDEAM y fue instalada en el año 1962 y continua en funcionamiento. Los registros con lo que cuenta esta estación datan desde el año 1981 y son suficiente para el análisis de precipitación. Los valores donde se determino estos promedios se encuentran en el anexo G.

Tabla 12. Precipitación media Anual (MINCA)

Años	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991
PMA	40,3	23,2	42,6	45,3	42,2	25,1	45,1	67,6	38,5	47	41,1
PA máx.	63	48	92	80	90	85	91	107,9	83,4	86,5	85
PA min.	8	8	8	10	10	0,5	0,4	0,5	0,3	0,3	6

Años	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
PMA	71,9	50	48,9	50,3	62,5	39,6	43,5	45,1	46,9	41,6
PA máx.	92	140	78	80	137	118	80	100	104	81
PA min.	30	8	3	9	1	1	8	1	3	5

Grafica 4. Precipitación media Anual.

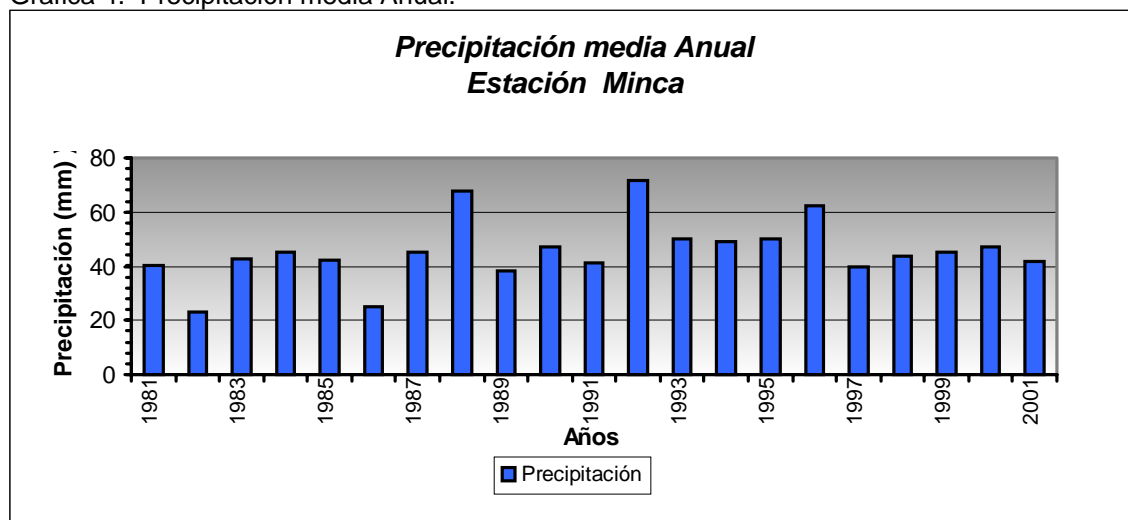
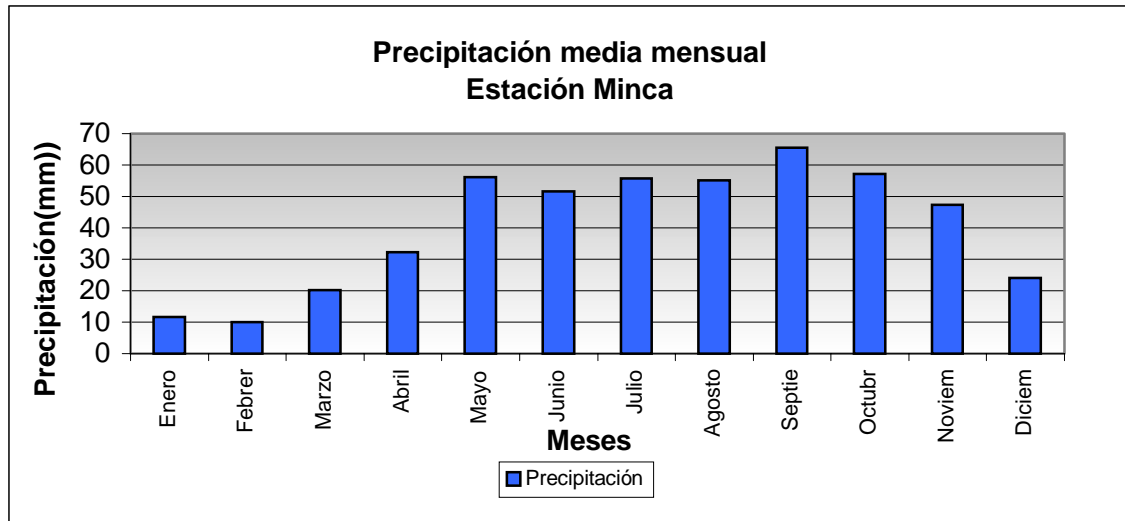


Tabla 13. Precipitación media Mensual (MINCA)

Meses	Ene	Feb	Mar	Abril	Mayo	Junio	Julio	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	total
PMM	11,6	10,1	20,3	32,2	56,2	51,7	55,8	55,2	65,6	57,1	47,3	24,1	487,2
PM máx	24	42	137	78	140	118	104	91,6	99	90	107,9	100	
PM min	3	0,3	0,4	0,6	17	14	5	20	13	7,3	9,9	0,5	
%PMM	2,4	2,1	4,2	6,6	11,5	10,6	11,5	11,3	13,5	11,7	9,7	4,9	100



Grafica 5. Precipitación media Mensual.



➤ **Estación Simón Bolívar.** Ubicada en la coordenadas 11°08' de latitud Norte, 74°14' de longitud Oeste y a una altura de 4 msnm. Es operado por el IDEAM y fue instalada en el año 1952. Los registros de esta estación datan desde el año 1952, son suficiente para el análisis de precipitación y continua en funcionamiento. Los valores donde se determino estos promedios se encuentran en el anexo H.

Tabla 14. Precipitación media Anual (Aeropuerto Simón Bolívar)

Años	1952	1953	1954	1955	1956	1957	1958	1959	1960	1961	1962	1963
PMA	13,9	1,3	10,1	4,4	0,4	13,6	10,1	5,1	22,8	20,5		17,7
PA máx.	84,2	9,2	61,4	24,7	1,1	56,5	49,7	25,6	55	67,2		81,9
PA min.	0,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0
Años	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975
PMA	534	38,8	28,3	21,3	13	34,9	65,5	11,4	18,1	61,5	53,7	46,1
PA máx.	204	110,2	104	75	94,7	160,7	160,7	47,3	110,6	293,8	150,3	152,5
PA min.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Años	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987
PMA	21	40,2	49	42,4	36,2	60,4	24,9	25,1	45,6	62	30,5	42,8
PA máx.	75,2	147,2	167	122,3	87,9	227,1	100,7	135	156,6	143,2	108	105
PA min.	0	0	0	0	0	0,2	0	0	5,1	0,2	0	0,2
Años	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	
PMA	58,8	29,7	44,4	27,5	35,9	39	29	29	58,6	51,9	40,1	
PA máx.	160,6	73,5	327	103,9	114,6	180,2	180,2	154,9	209,1	175,3	146,4	
PA min.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

Grafica 6. Precipitación media Anual.

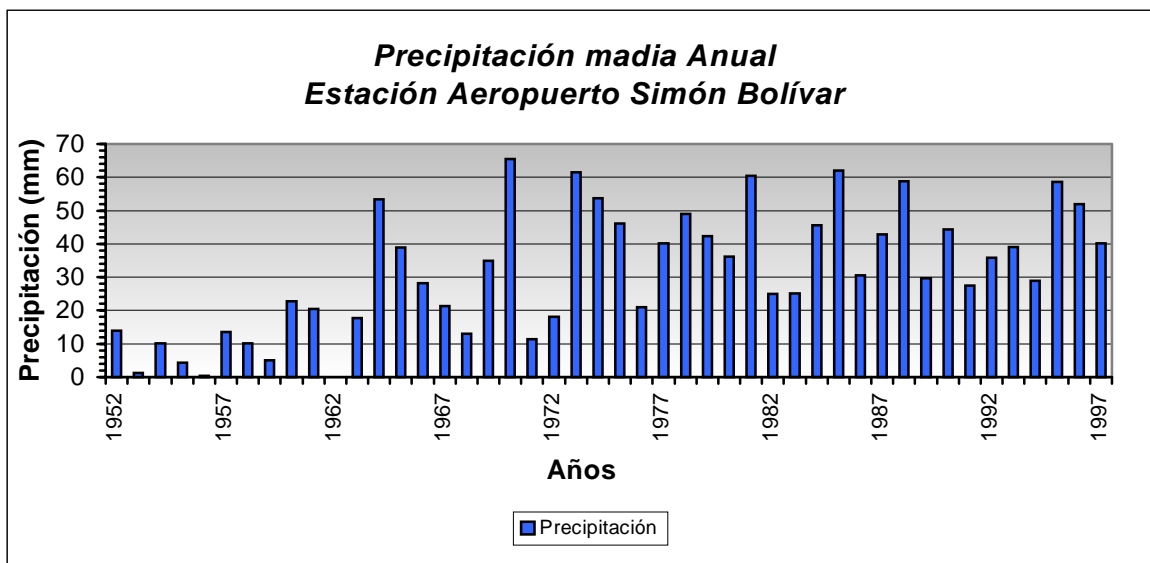
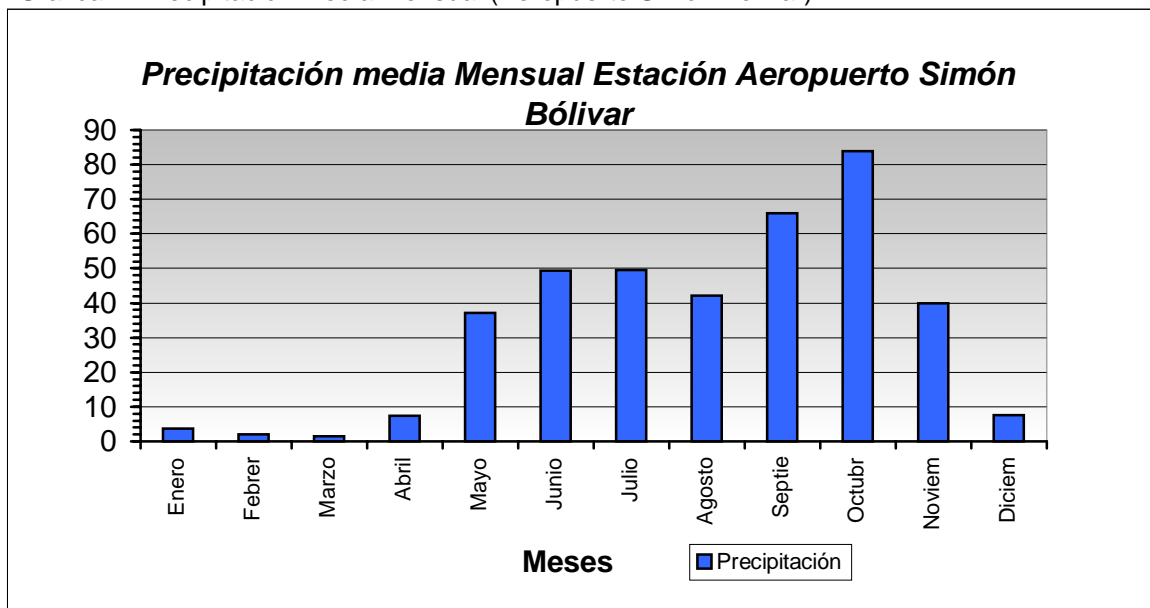


Tabla 15. Precipitación media Mensual (Aeropuerto Simón Bolívar)

Meses	Ene	Feb	Mar	Abril	Mayo	Junio	Julio	Ago	Sep	Oct	Novi e	Dicie	total
PMM	3,7	2,1	1,4	7,4	37,2	49,4	49,6	42,2	66	83,9	40	7,5	390,4
PM máx.	66,6	28,3	30,2	38,2	124	157	204	139,2	209,1	293,8	154,9	75,3	
PM min	0	0	0	0	0	1,1	0	0,6	0	0,5	0	0	
%PMM	0,9	0,5	0,4	1,9	9,5	12,7	12,7	10,8	16,9	21,5	10,3	1,9	100

Grafica 7. Precipitación media Mensual (Aeropuerto Simón Bolívar).



➤ **Estación San Lorenzo.** Ubicada en la coordenada 11°07' de latitud Norte, 74°03' de longitud Oeste y una altura de 2200 msnm. Es operada por el IDEAM y fue instalada en el año 1966. los registro de esta estación datan desde el año 1966,son suficiente para el análisis de precipitación y continua en funcionamiento. Los valores donde se determinó estos promedios se encuentran en el anexo J.

Tabla 16. Precipitación media Anual (San Lorenzo)

Años	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983
PMA	220	286	179	167	219	204,1	244	161	193,2	238,6	251,7	189,1	272	88	184,9
PA máx.	508,5	490,5	396	359,1	467	654	524	459	583	541	530,7	436	524,8	311,2	386,5
PA min.	25	24	2,1	2,6	0	3,5	1,9	0,5	0	0	1	1,3	17,2	15,5	0,2

Años	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
PMA	201	217,2	184	249,1	290	193,3	64,5	200	189	185,1	112,2	212	246,1	177
PA máx.	474,6	577	405	440,6	573	494,2	372	383	577,4	486,3	265,8	488	447,9	578
PA min.	3,3	9,6	13,6	9,5	2	3,3	3	15,3	0	14,1	0	0	12,2	0

Grafica 8. Precipitación media Anual.

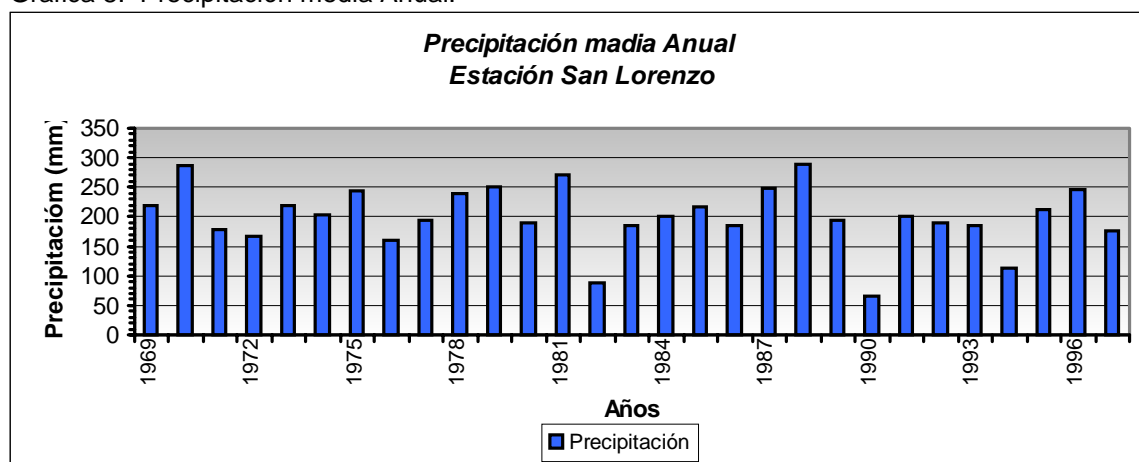


Tabla 17. Precipitación media Mensual (San Lorenzo)

Meses	Ene	Feb	Mar	Abril	Mayo	Junio	Julio	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	total
PMM	21,6	20,2	27,7	154,8	272	303,4	300	367	415,6	363,6	231,5	68,1	2545,5
PM máx	131,1	168,6	116	430	577	577,7	573	645	654	550,5	427	313,6	
PM min	0	0	0	1,9	109	83	86,9	212	231,2	205,3	58,7	0	
%PMM	0,8	0,8	1,1	6,1	10,7	11,9	11,8	14,4	16,3	14,3	9,1	2,7	100

Grafica 9. Precipitación media Mensual.

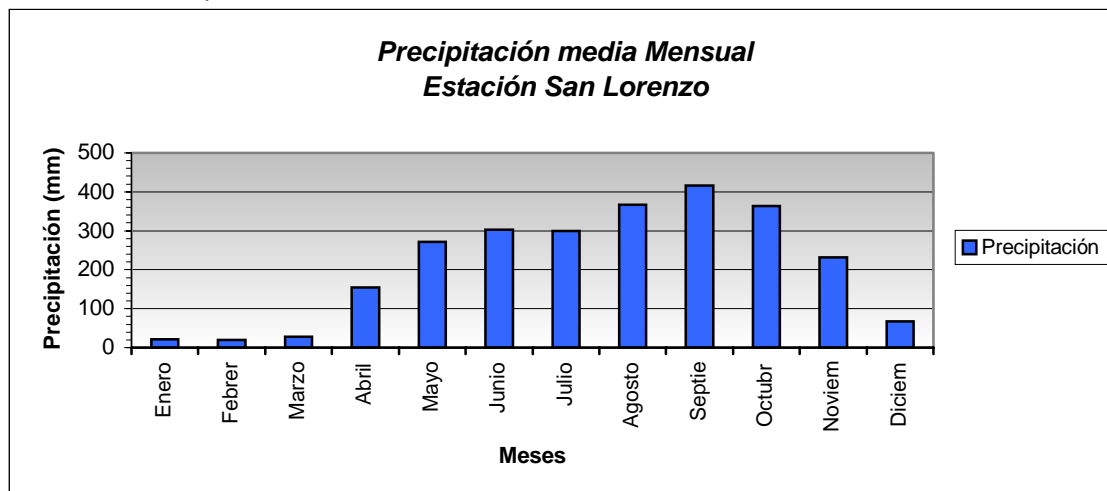


Tabla 18. Precipitación media Anual de las Estaciones pluviométrica

Años	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979
PMA	175.8	95,2	92.5	140.2	128,9	145,1	90,9	116,7	143.8	147,1
Años	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989
PMA	112,7	101,8	41,3	70,1	80,1	88,6	66,5	93,4	116,4	76,7
Años	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
PMA	48,3	71	85,1	75,6	51,9	78,6	98,3	74,3	42	40,7

Grafica 10. Precipitación Media Anual de las Estaciones pluviométricas

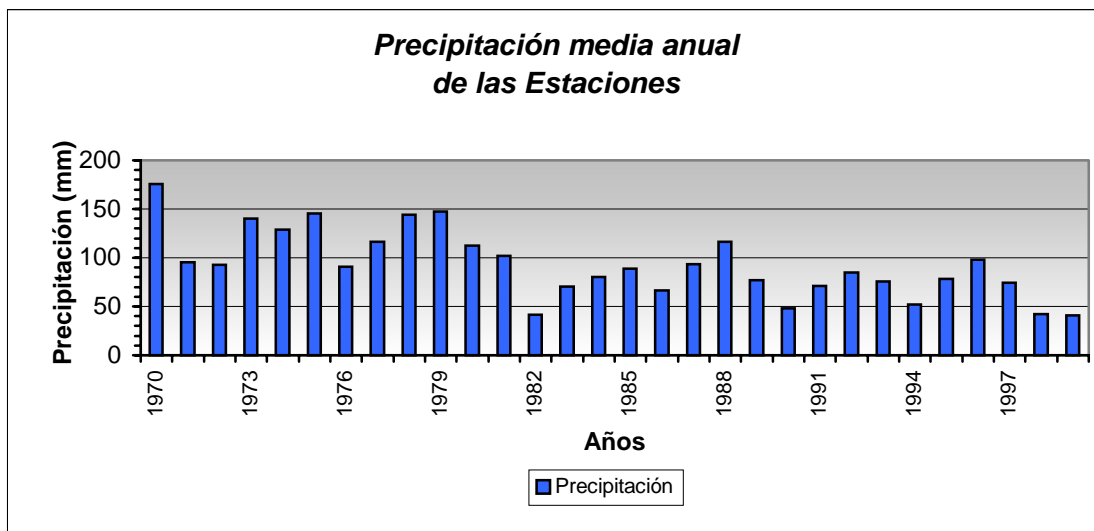
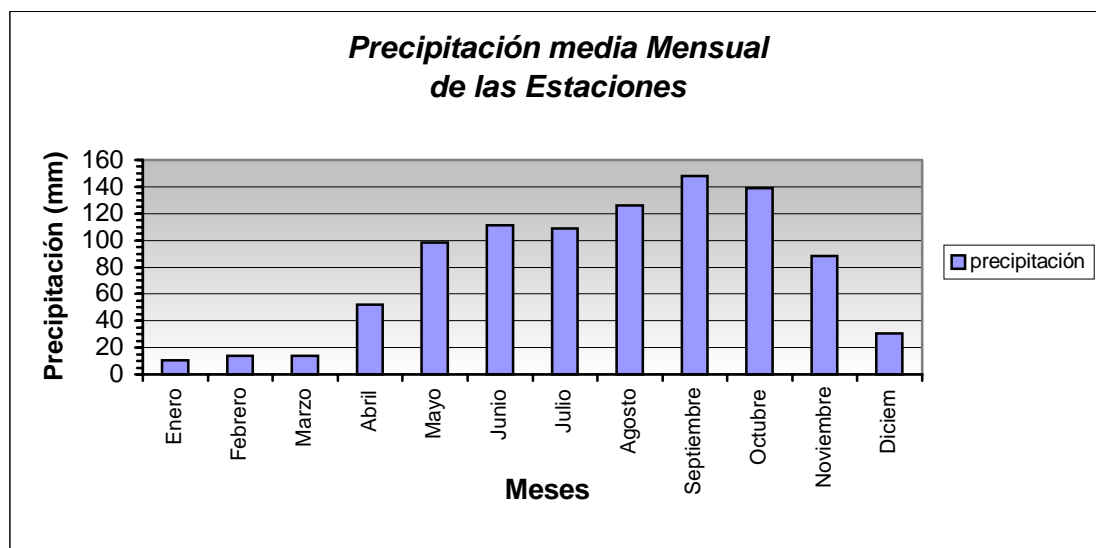


Tabla 19. Precipitación Media Mensual de las Estaciones pluviométricas

Estaciones	Ene	Feb	Mar	Abril	Mayo	Junio	Julio	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Apto S. Bólivar	3,7	2,1	1,4	7,4	37,2	49,4	49,6	42,2	66	83,9	40	7,5
Minca	11,6	10,1	20,3	32,2	56,2	51,7	55,8	55,2	65,6	57,1	47,3	24,1
San Lorenzo	21,6	20,2	27,7	154,8	272,2	303,4	299,8	367	415,6	363,6	231,5	68,1
UNIMAG	4,4	5,6	6,8	13,6	27,6	41,2	30	40,5	44,4	51,2	35,1	22,2

Grafica 11. Precipitación Media Mensual de las Estaciones Pluviométricas



## 11.4 HIDROLOGIA

**11.4.1 Características Geomorfológicas de una Cuenca Hidrográfica.** Para el estudio y determinación de los parámetros geomorfológicos se precisa de la información cartográfica de la topografía y del uso del suelo. Al iniciar un estudio geomorfológico se debe empezar por la ubicación de los puntos donde existan en los ríos las estaciones de aforo, para así tener un estudio completo de las variables coexistentes en la cuenca: tanto en las excitaciones y el sistema físico, como en las respuestas del sistema de la hoya hidrográfica. Toda cuenca en estudio debe estar delimitada en cuanto a su río principal tanto aguas abajo como aguas arriba. Aguas abajo idealmente por la estación de aforo más cercana a los límites de la cuenca en que se está interesado. (Siendo el punto de la estación el punto más bajo en el perfil del río y en el borde de la cuenca de interés). Aguas arriba por otra estación que sea el punto más alto en el perfil del río donde se incluya el área en estudio, o por las cabeceras del río si es el caso del estudio de la cuenca desde el nacimiento.

Las características geomorfológicas que se van a estudiar son las siguientes (citadas en orden del análisis posterior): área, longitud de la cuenca y su perímetro, densidad de drenaje, pendiente media de cauces, pendiente promedia de cauce principal, coeficiente de cubrimiento de bosques.

➤ **Área de la Cuenca (A).** El área de la cuenca es probablemente la característica geomorfológica más importante para el diseño. Está definida como la proyección horizontal de toda el área de drenaje de un sistema de escorrentía dirigido directa o indirectamente a un mismo cauce natural.

➤ **Densidad de Drenaje.** Está definida como la relación (Dd) entre la longitud total a lo largo de todos los canales de agua de la cuenca en proyección horizontal y la superficie total de la hoya:

$$D_d = \frac{\sum l_i}{A}$$

donde:

$\sum l_i$  : longitud total de todos los canales de agua en Km.

A : área en km<sup>2</sup>.

$l_i$  : longitud de cada cauce

Valores bajos de Dd generalmente están asociados con regiones de alta vegetación en las cuencas hidrográficas, tienen una fuerte influencia en el régimen hidrológico de la misma, pues está relacionado con la erosión, temperatura y evaporación de la región.

➤ **El Coeficiente de Cubrimiento de Bosques.** Se refiere al porcentaje de la superficie de la cuenca ocupada por bosques o por otro tipo de vegetación. Este valor es importante pues en la comparación de cuencas no es lo mismo cuencas urbanas o agrícolas o de bosques naturales densos o claros. Aunque el coeficiente mencionado en último término no se podría denominar como un parámetro geomorfológico, sí es interesante citarlo por la importancia que tiene en el manejo de una cuenca.

➤ **Perfil Altimétrico del Cauce Principal y su Pendiente Promedia.** El perfil altimétrico es simplemente el gráfico de altura en función de la longitud a lo largo del río principal. Con base en la forma del perfil altimétrico del río se puede inferir rasgos generales de la respuesta hidrológica de la cuenca en su expresión de la

hidrógrafa, o sea, la variación del caudal con el tiempo. También los perfiles se usa en la ubicación de posibles sitios susceptibles de avalanchas, etc. Generalmente cuencas con pendientes altas en el cauce principal tienden a tener hidrógrafas más picudas y más cortas que cuencas con pendientes menores.

**11.4.2 Sistema de Drenaje.** Se llama sistema de drenaje al arreglo o distribución de los ríos, quebradas o arroyos, que se han venido formando a través de los años en la corteza terrestre. El sistema de drenaje que presenta la zona de estudio se debe principalmente a la relación entre la infiltración y el escurrimiento que caracteriza a dicho material es decir a propiedades físicas, especialmente la composición granulométrica del suelo o roca, por lo menos para un régimen climáticos específico, la variable como tipo y densidad de vegetación, humedad del suelo, composición química de las rocas y otros efectos físico- químico, ejercen una acción secundaria.

De cuerdo con la configuración de la redes, y basado exclusivamente en su forma, la red de drenaje que cada microcuenca de la zona de estudio tienen patrones cuyos significados tienen relación con la geología, aunque es imposible señalar en una forma precisa la correlación geológica para cada sistema de drenaje

**11.4.3 Generalidades.** Santa Marta se encuentra influenciada directamente por la cuenca del río Manzanares, este río atraviesa a la ciudad y desemboca en la bahía donde aporta en época de invierno un promedio de 7.3 m<sup>2</sup>/s; cuya pluma hace variar la salinidad del sector, dicha pluma sigue una dirección norte y Noreste paralela a la línea de la playa(escobar, 1981).

Hay evidencia de grandes crecientes, algunas de ellas registradas históricamente y según testimonio de los pobladores, el río hasta hace 20 años poseía corriente permanente de caudal considerable. Aun así, actualmente el Manzanares puede considerarse en su desembocadura como un río de cuarto orden de importancia a pesar de que sus tributarios no están activos durante todo el año.

En la zona de punta Betín existía una entrada al mar en forma de “U” llamada la caldera, en playa espino en donde llegaba una quebrada de escorrentía que en tiempo de invierno era caudalosa por el aporte de la zona Oriente y Norte de la ciudad (cerro la Bóveda) y del río Manzanares, del cual era brazo terminal y atravesaba al sector por la actual carrera segunda. Actualmente dicho brazo no existe ni tampoco hay evidencia de antiguos cauces.

El agua de escorrentía de las lluvias de la zona sur de Santa Marta llegan a la Quebrada Tamacá y el Río Manzanares, el exceso de agua que cae en la ciudad por la Avenida del Río, Ferrocarril y la Santa Rita hasta llegar a la carrera primera donde descarga al mar en dos box coulvert ubicados en la carrera primera con calle 22 y carrera primera con calle 10.

En la zona oriental de la ciudad se forman continuas corrientes en época de lluvia siendo la más importantes las quebrada la Lata y Tayrona, que inunda los barrio del sector. Actualmente los lecho de las quebrada mencionadas han sido invadidos por habitante del sector relleno con materiales y construyendo sus viviendas prácticamente en el cauce de la misma de tal manera que en época de invierno el agua corre por la calles sin rumbo definido causando las inundaciones antes mencionadas. Para controlar la inundación en estos sectores el INURBE construyó al oriente de el barrio los Fundadores (invasión al oriente de Chimila) una represa para interceptar la quebrada la Lata y un colector de aguas lluvias de 16 pulgadas en el sector de Chimila que descarga las aguas lluvias al Río Manzanares en el punto denominado la Carbonera.

Las aguas de escorrentías aportadas por los cerros ubicados al Norte de la ciudad corren por el barrio los Almendros e inundan el sector del Mercado, barrio Pescadito y parte del agua desemboca al mar por el box coulvert ubicado en la carrera primera con la calle 10. Los puntos de mayor Erosión y arrastre por aguas lluvias en Santa Marta se localizan en la zona de los cerros, actualmente casi el 90% de ellos han sido invadidos hasta la cota 50, lo que produce un aporte significativo de sedimentos (en su mayor parte arcilloso) al mar convirtiéndose en un factor importante para la formación de fondos lodosos en la bahía.

## 11.5 VEGETACIÓN

La cobertura natural o agrícola constituye un elemento fundamental de las condiciones de estabilidad de una ladera particular en lo referente al control de erosión, los principales efectos en el control de erosión pueden resumirse en:

- **Interrupción.** Las plantas amortiguan el impacto de la gota de lluvia sobre la superficie terrestre.
- **Retardo.** Ayuda a incrementar la rugosidad de la superficie del terreno y por consiguiente a la disminución de la velocidad del agua de escorrentía.



➤ **Infiltración.** Las raíces de las plantas ayudan a mantener la porosidad y la permeabilidad del suelo hasta la profundidad reticular.

➤ **Transpiración.** Contribuye a disminuir la humedad del suelo por abrasión del suelo y evapotranspiración del agua de lluvia.

Según **GRAY (1985)** la influencia de la vegetación en la estabilidad de laderas debe analizarse bajo cinco efectos principales:

➤ Los sistemas de raíces ayudan al refuerzo mecánico del suelo, por la transmisión de esfuerzo de corte.

➤ El sistema vegetativo modifica el contenido de humedad del suelo por efecto de la evapotranspiración.

➤ Los sistemas de raíces tienden a invadir grietas, fisuras y canales en los suelos ó masa rocosa, pudiendo generar esfuerzos locales que contribuyen a la inestabilidad.

El peso de la vegetación ejerce sobre la ladera efecto tanto estabilizadores (fuerza perpendicular a la pendiente) como desestabilizadores (fuerza en sentido de la pendiente). La vegetación de la zona se puede considerar como de bosque tropical seco, el área de estudio se encuentra cubierta por una vegetación en buen estado, de acuerdo con el grado de intervención antrópica.

**11.5.1 Vegetación Subhigrofítica.** Este tipo de vegetación se caracteriza por tener los tres estratos: Arbóreos, Arbustivos y Herbáceos, dominando el Arbustivo por su diversidad y variedad de especies, y por un estrato Arbóreo que se desarrolla a buena altura. Esta vegetación se ubica principalmente en los cerros que rodean a la ciudad de Santa Marta. Sobre la unidad se pueden distinguir una zona en donde la pendiente es tan fuerte que no da lugar a que se desarrolle una vegetación exuberante y tan solo prospera un estrato Herbáceo y Arbustivo. Por último se presenta una zona en límites del área urbana en la cual se ha desforestado la vegetación natural para la extracción de madera. Las especies más sobresalientes son:

Tabla 20. Tipos de Vegetación Subhigrofítica

NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE CIENTÍFICO
Bunesia arbórea	Busera Simarouba
Capparis pachacha	Prosopis Juliflora
Tabebuia billbergii	Melicocca Bijuga
Pisonia aculeata	Platymiscium pinnatum
Cereus margaritensis	Cassia emerginata
Casearia praecox	Euphorbia sp
Casearia tramula	Cnido
Bourarria Cumanesis	Cnidoscylus urens
Guaiaonia sp	Peireskia colombiana

**11.5.2 Vegetación Higrofítica.** Corresponden a los bosques de galería de los ríos Manzanares y Gaira y sus afluentes, en donde predominan el estrato Arbóreo sobre los demás estratos. Su área es reducida debido a la gran intervención para la extracción de madera utilizable en el sector e la construcción y además para la expansión de la actividad antrópica. Entre los tipo de vegetación se encuentran las siguientes especies:

Tabla 21. Tipos de Vegetación Higrofítica

NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE CIENTÍFICO
Anacordium excelsum	Ficus globate
Platymiscium pannatum	Guazamo ulmifolia
Cedrela sp	Corrida dentada
Cassia fructosa	Piper tuber culatum
Corrida alba	Crataeva tapia
Bunesia arbórea	Annona muricata
Hymenaea courbaril	Caltin iguanea
Caesalpinio mollis	Bombacopsis quinata
Jacquinia aristata	Solanum sp
Achyranthes espera	Phithecolambium saman
Ceiba pentandra	Bahuinia blobra
Stachytarata cayannensis	Capparis boducca
Peireskia colombiana	Bombas septenatum
Coccoloba sp	Vitex cymosa
Malicocca bijuga	Chlorophora tinatonia

**11.5.3 Vegetación Parantropofítica.** Son aquellas área desforestadas para usos agropecuarios. Presentan escurrimiento difuso y avance sobre el bosque de galería. Se encuentra ubicada sobre materiales aluviales de pendiente media y

baja; de los pastos que aquí se encuentran tenemos el brachiara fasciculata y el Eleusine indica.

También se encuentran algunos cultivos ubicados en las terrazas aluviales de río Manzanares y Gaira y la quebrada Tamacá, algunos de estos son regados por canales a gravedad utilizando la pendiente del mismo río, entre los cultivos tenemos:

Tabla 22. Tipos de Vegetación Parantropofítica

NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO
Mango	Manguífera indica	Papaya	Carica papaya
Guanábana	Annoma maricata	Yuca	Manihot utilísima
Coco	Conus nucifera	Banano	Musa sp
Plátano	Musa Paradisiaca	Limón	Citrus sp
Guayaba	Psidium guajaba	Tamarindo	Tamarindus indica
Marañón	Anacardium occidentales	Níspero	Manilkare zapota

**11.5.4 Área sin Vegetación.** Corresponden a los sitios actualmente dedicados en exclusividad a actividades antrópicas. Estas áreas presentan fuertes escurrimiento de agua por la desnudes del suelo y corresponde a un porcentaje alto con respecto al área total de la zona de estudio.

## 12. ACTIVIDAD ANTRÓPICA

### 12.1 EXPLOTACIÓN MINERA

La ciudad de Santa Marta esta ubicada en un ambiente geológico que proporciona fuentes de materiales pétreos para la construcción, especialmente arena, arcilla, grava, y triturados y también materiales arcillosos que sirven para la elaboración de tubos, tejas y ladrillos. Esta ubicación preferencial, aunada a la alta demanda, ha incentivado la industria minera en diferentes escalas de producción, creando polos de desarrollo urbano alrededor de éstas, independientemente del tipo y magnitud de explotación, con la consiguiente concentración de población (obreros, técnicos, administrativos y transportadores) en áreas cercanas a la industria minera. Las áreas de explotación, minera a lo largo del tiempo se han constituido en las fronteras urbanas en el proceso de ampliación de la ciudad, proceso que es dinámico en la medida en que muchas de éstas áreas han sido incorporadas al área urbana con la consiguiente transformación del uso del suelo.

En la zona de interés se han explotado tradicionalmente tres formaciones minerales de naturalezas distintas. A continuación se presentan las descripciones de las canteras encontrada en la zona:

**12.1.1 Cantera Marmolete.** Ésta se encuentra ubicada en el barrio San Pablo detrás del centro vacacional los Trupillos, la formación mineral que extraen es el Esquisto de Santa Marta (**Te**) que lo utilizan como material de construcción. La obtención del agregado grueso se hace por medio de explosivos, el cual es transportado por medio de cargadores a las maquinas trituradoras las cuales finalmente sacan el material hasta de una pulgada de diámetro listo para ser utilizado.

La cantera actualmente se encuentra abandonada, dentro del perímetro urbano y se observa con detalle que no hicieron ningún plan de mitigación de impacto ambiental debido a que los cortes practicados en el cerro no se encuentran protegidos contra procesos de erosión. (ver anexo L)

**12.1.2 Cantera Calderón.** Esta cantera se encuentra ubicada en el barrio Manzanares más exactamente en la calle 31 N° 8-02. El material extraído presenta la misma característica que el material de la cantera Marmolete y el método de explotación es también con explosivos y transportado por medio de

cargadores hasta las maquinas trituradoras, las cuales entregan material hasta de una pulgada de diámetro.

La cantera actualmente se encuentra activa, dentro del perímetro urbano y se observa que no hacen ningún plan de mitigación de impacto ambiental y en múltiples ocasiones la comunidad aledaña se ha visto afecta por la ejecución de explotaciones no controladas. (ver anexo L)

**12.1.3 Cantera Veracruz.** Ubicada en el sector de Veracruz en la vía Bonda. En esta cantera se extrae agregado fino, el cual se saca con pala mecánica, en este sitio no se le realiza ningún tratamiento granulométrico al material, no existe ningún plan de manejo del impacto ambiental.

La cantera actualmente se encuentra activa, dentro del perímetro urbano y cercano al basurero Distrital. Las formaciones minerales que se extraen es el Batolito de Santa Marta **(Tbe)**.

**12.1.4 Cantera Esperanza.** Esta se encuentra ubicada en la parte de arriba de la urbanización el Cisne vía a Minca. En esta se explota agregado fino, y el material se extrae con pala mecánica, tampoco se observa ningún plan de mitigación de impacto ambiental. El material extraído de esta cantera es el que se utilizó en la recuperación de la bahía del Distrito de Santa Marta. La cantera actualmente se encuentra activa, dentro del perímetro urbano y con formación mineral de Batolito de Santa Marta **(Tbe)**.

**12.1.5 Cantera las Tres Cruces.** Se encuentra ubicada en el cerro de la Tres Cruces en la entrada el barrio El Reposo. Allí se extrae agregado grueso de manera manual, con tipo de formación mineral el Esquisto de Santa Marta **(Te)**. (anexo L)

**12.1.6 Cantera Tritupisvar.** Se encuentra ubicada en la margen derecha de la carretera Troncal del Caribe, que comunica a Santa Marta con el corregimiento de Gaira, se explotan material para la construcción y Magnesita, su formación mineral es el Esquisto de Santa Marta **(Te)**. La extracción del material es en forma mecánica y no presenta ningún plan de mitigación ambiental. La cantera actualmente se encuentra activa y dentro del perímetro urbano. (ver anexo L)

**12.1.7 Canteras ilegales.** Dentro del Distrito se encuentran muchos lugares que practican ilegalmente la extracción de material para la construcción (tanto agregados finos como gruesos). Es así como son explotadas las laderas de los barrios de invasión por los mismos moradores para la construcción de sus viviendas, en este caso el cerro de las Tres Cruces.

Otros sitios como las laderas de los cerros de la vía que comunica a Santa Marta con Taganga, que han sido explotados con fines económicos; la formación mineral de las Filitas de Taganga (Ft), de la cual se extrae talco y materiales como rocas ornamentales y de construcción, dichas explotaciones se hacen artesanalmente, estas extracciones se observan también en los alrededores de este corregimiento. En una escala menor se explotan artesanalmente las venas de cuarzo lechoso, comunes en la formaciones metamórficas, las cuales se utilizan para cimientos en construcción.

En la zona de contacto entre el Esquistos y el Batolito de Santa Marta (Tbe), por los sectores de Bastidas, Divino Niño, Las Delicias, Luis R: Calvo, Ondas del Caribe y Tayrona, se han detectado explotaciones pequeñas artesanales, para materiales de construcción y construcción de viviendas. En algunos pequeños sectores de la carretera entre Santa Marta y el Rodadero se observa que extraen artesanalmente agregados gruesos.

Dentro de la zona de estudio se encuentran ladrilleras tales como la que se encuentran por los Fundadores y Chimila 2, el material extraído es arcilla limosa y su fabricación es en el sitio, actualmente se encuentran activas y fuera del perímetro Urbano.

Otros sitios donde se produce explotación de arcilla-limosa para la elaboración de ladrillo se encuentra ubicada por el sector de la entrada de la Universidad del Magdalena en la que se observa que se han desplazando debido a la construcción de viviendas en estas zonas, por la cual se considera su estado actual, como ocasionales y se encuentra dentro del perímetro urbano. (ver anexo L)

## **12.2 ZONAS URBANIZADAS**

La mayor parte del área de estudio se encuentra urbanizada. Para facilitar su estudio y su plan de desarrollo el Distrito ha dividido la zona en ocho comunas identificadas así:

1. Maria Eugenia – Pando
2. Centro
3. Pescadito – Taganga
4. Polideportivo – Ciudad Jardín
5. Santa Fé – Bastidas
6. Parque – 11 de Noviembre
7. Rodadero – Gaira
8. Pozos Colorados – Piedra Hincada.

Muchos asentamientos humanos de barrios periféricos de la ciudad se han establecidos sobre los depósitos cuaternarios de flujo, coluvión y conos de eyección, entre estos se tienen: San Martín, San Jorge, San Fernando, Las Delicias, Nueva Colombia, Divino Niño, Fundadores, Chimila 2, Luis R. Calvo, San Pablo, Maria Eugenia, San José, Las Murallas, El pando, Pastrana, 19 de Abril, Las Acacias, Las Colinas y el Rosario. Estos barrios no presentan un sistema de redes de acueductos y alcantarillado eficiente, lo cual podría presentarse roturas de la tubería, ocasionando fugas de agua permanente que desgastan la superficie del terreno.

Esto se puede observar fácilmente debido a que algunas de las viviendas que se encuentran ubicadas en las partes altas de los barrios mencionados anteriormente, tienen conexiones clandestinas a las redes matriz y otras que no tienen acceso de ese servicio de ninguna forma se abastecen del agua potable a través de carro tanques y descargan las aguas servidas proveniente de la actividad física de los humanos (aseo y alimentación) en la laderas de los cerros. Algunos de estos asentamientos se han ubicado sobre pequeñas quebradas intermitentes o de drenajes de aguas lluvias, sin que se respete su cauce o se canalice el mismo, de tal manera que cuando se presentan aguaceros torrenciales, las aguas arrastran las viviendas dejando gran número de damnificados, tal como ocurrió en el mes de octubre de 1996 cuando por esta razón en los barrios Colinas del Pando, Maria Eugenia y San José del Pando, resultaron más de 90 damnificados.

Otros asentamientos humanos se localizan en las laderas de los cerros tales como el cerro San Pablo y Tres Cruces que presentan la misma formación metamórfica como el Esquisto de Santa Marta (Te), este material se altera muy rápidamente siendo cada vez más parecido a un suelo (Sowers 1.985). Estos cerros por estar ubicados en el interior de la ciudad han sido lugar de urbanización de pobladores de escasos recursos, estos asentamientos se presentan en forma desordenada de vivienda, modificando así las condiciones naturales del terreno empezando primero con la construcción que originan cortes y rellenos, deforestación y disposiciones inadecuadas de basuras en las laderas. Estas áreas de invasión

sufren constantemente el goteo permanente de agua potable, debido a los abastecimiento de agua potable a través de tanques llevados manualmente hacia sus viviendas, y la descarga que se produce de las aguas negras hacia las laderas, por no presentar servicios de red de alcantarillado y acueducto. Esta zonas mencionada presentan tipo de erosión concentrada y en algunas ocasiones pequeños derrumbes de material.

En las riveras de las cuencas bajas de los ríos Manzanares, Gaira y Quebrada Tamacá, existen asentamientos humanos dentro de la ronda hidráulica, sobre la terraza aluvial de los respectivos ríos. Estos moradores están bajo riesgo de derrumbe o inundación. La posibilidad de represamiento en época de lluvia, en la cuenca alta o media aumenta el peligro potencial de inundación.

La invasión de la ronda hidráulica, además de ser un peligro potencial, para los moradores, de estos lugares se ha convertido en un problema ambiental para la ciudad. La situación de protección y conservación de la vegetación en estos lugares, tal como lo exigen las leyes existentes, es nula y la contaminación de los ríos por basura y desechos fecales es alta, debido a la carencia de los servicios de saneamiento básico en estos sectores. Los desechos en mención son arrastrados por la corriente y descargados finalmente en la bahía de Santa Marta y Gaira contaminando también estos puntos. (ver anexo L)



### 13. ACTIVIDAD SÍSMICA

Los movimiento sísmico pueden activar deslizamiento de tierra. En el caso de un sismo existe el triple efecto de aumento del esfuerzo cortante, disminución de la resistencia por aumento de la presión de poros y deformación asociados con la onda sísmica; pudiéndose llevar a la falla al cortante y hasta la licuación en el caso de suelo licuable saturado.

Cuando se produce la fractura de las roca en una zona de falla geológica la energía liberada es radiada en toda las direcciones. La fuente de movimiento en zona de liberación de energía no es generalmente, un punto sino una línea o un área comúnmente alargada en la dirección de la falla los sismo que generalmente producen un mayor daño son los sismo relativamente superficiales.

El área de la superficie inmediatamente encima del área de liberación de energía se le denomina epicentro o área epicentral. La gran mayoría de los grandes deslizamientos y agrietamientos del suelo de gran magnitud corresponde al área epicentral y van disminuyendo a medida que el punto considerado se aleja del área epicentral y la intensidad del sismo disminuye.

Existe dos parámetros importante para designar el tamaño y la fuerza de un sismo que son la magnitud y la intensidad.

**Magnitud:** es una medida cuantitativa e instrumental del tamaño del evento, relacionada con la energía sísmica liberada durante el proceso de ruptura en la falla. En la tabla 23 se presentan el efecto de la magnitud sobre una ladera.

Tabla 23. Efecto de la Magnitud sobre una Ladera

Magnitud del Sismo	Deslizamiento del Material
4.0	Caído y deslizamiento de roca, caído de suelo y alteración de masa de suelo
4.5	Deslizamiento de translación, rotación y bloques de suelo
5.0	Flujo de suelo, esparcimiento lateral, deslizamientos subacuáticos
6.0	Avalancha de roca
6.5	Avalancha de suelo

**Intensidad:** la intensidad sísmica es el concepto que se aplica a la identificación del grado de destrucción o efecto locales de un terremoto. en la tabla 24 se presenta la escala de intensidad de Mercalli.

Tabla 24. Escala de Intensidad Mercalli Modificado

<b>Grado</b>	<b>Descripción</b>
<b>I</b>	No es sentido por las personas, registrado por los instrumento sismográficos.
<b>II</b>	Sentido solo por pocas personas en reposo, especialmente en piso superiores, objetos suspendidos pueden oscilar.
<b>III</b>	Sentido en el interior de las edificaciones, especialmente en pisos superiores, pero muchos pueden no reconocer como temblor, vibración semejante a la producida por el pasa de un vehículo liviano, objetos suspendidos oscilan.
<b>IV</b>	objetos suspendidos oscilan visiblemente, vibración semejante a la producida por el pasa de un vehículo pesado, vehículos estacionado se bambolean, cristalería y vidrio suenan, puerta y paredes de madera crujen.
<b>V</b>	Sentido aun en el exterior de los edificios ,permite estimar la dirección de las ondas, personas dormidas se despiertan, el contenido liquido de recipiente y tanque es perturbado y se puede derramar, objetos inestables son desplazados, las puertas giran y se abren o cierra, relojes de péndulo se paran.
<b>VI</b>	Sentido por todas las personas, muchos sufren pánico y corren hacia el exterior, se tiene dificultad en caminar establemente, vidrio y vajillas se quiebran, libros y objetos son lanzados de los anaqueles y estantes, los muebles son desplazados o volcados, el revoque y enlucido de mortero de baja calidad y mampostería tipo D se fisuran, campanas pequeñas tañen.
<b>VII</b>	Se tiene dificultad en mantenerse parado, percibido por los conductores de vehículos en marcha, muebles se rompen, daño y colapso en mampostería tipo D, algunas grieta en mampostería tipo C, las chimeneas se fracturan a nivel del techo, caída del revoque de mampostería, tejas, cornisas y parapetos sin anclajes, algunas grietas en mampostería de calidad media, campanas grande tañen, ondas en embalses y depósitos de agua.
<b>VIII</b>	La conducción de vehículo se dificulta daños de consideración u y colapso parcial de mampostería tipo C, algunos daño a mampostería tipo B, ningún daño en mampostería tipo A, caída de revoque de mortero y de algunas paredes de mampostería, caída de chimenea de fabricas, monumentos y tanques elevados, algunas ramas de árboles se quiebran, cambio en el flujo o temperatura de pozo, grieta en terreno húmedo y en taludes inclinados.
<b>IX</b>	Pánico general, construcción de mampostería tipo D totalmente destruidas, daño severo y aún colapso de mampostería tipo C, daño de consideración tipo B, daño a fundaciones, daño y colapso de estructuras aporticadas, daño de embalse y depósitos de agua, ruptura de tubería enterrada, grietas significativas visibles en el terreno.
<b>X</b>	La mayoría de las construcciones de mampostería y a base de pórticos destruidas, algunas construcciones de madera de buena calidad dañadas, puentes destruidos, daño severo a represas, dique y terraplenes, grandes deslizamiento de tierra, el agua se rebasa en el borde de ríos, lagos y embalse, rieles de ferrocarriles deformado ligeramente.
<b>XI</b>	rieles de ferrocarriles deformado severamente, ruptura de tuberías enterradas que quedan fuera de servicio.
<b>XII</b>	Destrucción total, grandes masas de roca desplazadas, la línea de visión óptica distorsionadas, objetos lanzados al aire.

Santa Marta por ser una zona con presencia de fallas geológicas esta propensa a fenómenos sísmicos.

Con la ocurrencia del terremoto de Armenia en el año 1999 que causo grandes pérdidas económica y humanas y que tuvo un efecto psicológico hacia las demás ciudades, el gobierno colombiano debido a esto y a los estudios que se estaba realizando anteriormente amplió su red sismológica para estar más alerta ante este fenómeno, en la cual se determinó que en algunas zonas presentaban más amenazas sísmicas de la que estaban establecidas, lo cual reemplazó el código colombiano construcción sísmo resistente (CCSR-86) en la Norma Colombiana Sismo Resistente (NSR-98). Un ejemplo de esto fue la ciudad de Santa Marta que según el código anterior la zona se encontraba en Amenaza sísmica baja y con el nuevo código pasó a amenaza sísmica intermedia.

Esto indica que la zona de estudio (casco urbano del Distrito de Santa Marta) puede presentar fenómeno sísmico muy fácilmente y los diseños de construcción se cambiaron totalmente.

Las estructuras indispensables que fueron diseñadas con el código CCSR-86 según la nueva norma NSR-98 tienen que hacerle un estudio de vulnerabilidad sísmica.

La zona de estudio no se han presentado grandes temblores durante toda su historia pero si se han presentado diminutos movimientos laterales de segundo grado de intensidad en la escala de Mercalli modificado Tabla 24.

De acuerdo a la Norma Sismo Resistente (NSR-98) Capítulo A.2, Artículo A.2.4.1 los tipos de perfiles de suelos son:

➤ **Perfil de suelo S1.** Tiene las siguientes propiedades:

- a) Esta compuesto hasta la superficie por Roca de cualquier característica, que tiene una velocidad de la onda de corte mayor o igual a 750 m/s.
- b) Perfil entre la roca y la superficie están conformados por suelo duro ó denso con un espesor menor de 60 metros compuesto por depósitos estables de arena, grava o arcillas duras o suelos no cohesivos con velocidad de la onda de corte mayor o igual 400 m/s.

➤ **Perfil de suelo S2.** Tiene las siguientes propiedades:

- a) Perfil en donde entre la roca y la superficie existen más de 60 m de depósitos estables de suelos duros ó densos compuestos por depósitos estables de arcillas duras o suelos no cohesivos con una velocidad de la onda de cortante mayor o igual 400 m/s.
- b) Perfil en donde entre la roca y la superficie existe menos de 60 m de deposito de suelo de consistencia media compuesto por materiales con una velocidad de la onda de cortante entre 270 y 400 m/s.

➤ **Perfil de suelo S3:** Es un perfil en donde entre la roca y la superficie hay mas de 20 m de suelo que contienen depósitos estables de arcilla cuya dureza varia entre mediana y blanda, con una velocidad de la onda de cortante entre 150 y 270 m/s, y que dentro de ellos, en conjunto, hay menos de 12m de arcillas blandas.

➤ **Perfil de suelo S4:** Es un perfil en donde, dentro de los depósitos existentes entre la roca y la superficie hay mas de 12 m de arcilla blanda, caracterizada por una velocidad de la onda de cortante menor de 150 m/s.

De acuerdo a la Norma Sismo Resistente (NRS-98) Capitulo A.2, Tabla A.2-2 y la Figura A.2-2 el área de estudio (Distrito de Santa Marta) tiene un coeficiente de aceleración pico efectiva  $A_a = 0.15$ . (ver anexo D)

## 14. ANÁLISIS SEMICUANTITATIVO

Se adoptó como metodología el sistema semi-cuantitativo de evaluación planteado por Ramírez y Gonzáles (1988) de inestabilidad teniendo en cuenta la característica geotécnica del área de estudio y enmarcada en el avance tecnológico del país con respecto a los estudios regionales de estabilidad.

La evaluación de estabilidad de una ladera requiere del análisis de los principales factores contribuyentes que determinaron su comportamiento. No todos de ellos son susceptibles a ser bien cuantificados, bien por su naturaleza o por la falta de información que permitan fijar su intervalo de influencia. Por lo tanto, surge la necesidad de emplear la metodología cualitativa o semi-cuantitativa para evaluar la influencia en la estabilidad de cada uno de los factores a partir de una asignación de calificaciones o puntaje de estabilidad.

Esta metodología comprende fundamentalmente ocho parámetros donde cada uno es el resultado de diversos factores asociados según la naturaleza. Pero en el desarrollo de este estudio se decidió completar la metodología adicionando un noveno parámetro (Factor Antrópico), el cual es uno de los factores contribuyentes mas desfavorables para la estabilidad de una zona.

Para cada factor se fija un intervalo de variabilidad acorde con su influencia (mayor o menor grado) en la estabilidad de la ladera.

Los diferentes factores otorgan condiciones particulares de estabilidad (favorables o desfavorables) lo cual se pretende evaluar asignándole, una calificación de estabilidad resultante de la suma ponderada de cada factor asociado a éste. El valor final de estabilidad es la suma ponderada de “valores” de estabilidad de cada parámetro (Ramírez 1988).

Los métodos para el análisis convencionalmente establecidos, requieren definir unidades básicas de trabajo para facilitar la tarea de cruzar gran cantidad de información, la cual es necesario en el desarrollo de este tipo de proyecto. Con la implementación de los sistema de información (S.I.G.) se mejora el manejo de la información permitiendo modelar a nivel primario cada unos de los temas involucrados en los estudios. La aplicación de metodología de evaluación de estabilidad en los S.I.G., requiere de un ajuste en la cuantificación de las variables,

considerando el elemento base cartográfico como unidad de evaluación. En otras palabras para valorar los factores con respecto a los mismos.

## 14.1 PARÁMETROS DE EVALUACIÓN

Los parámetros de evaluación son el resultado de la agrupación de factores que intervienen en la estabilidad de taludes, según estén asociados directamente a las condiciones geológicas, climatológicas, topográficas o actividades antrópicas.

RAMÍREZ (1988) destaca: “La selección de los factores que intervienen en el análisis de estabilidad deberá efectuarse de tal forma que sean fácilmente cuantificables o en su defecto sean susceptibles de ser calificados con respecto a la estabilidad dependiendo del grado de influencia que tenga en ella y del intervalo de variabilidad de cada uno de ellos. Igualmente los factores deben ser fácilmente cartografiables en mapas, fotografías aéreas, visitas de campo, de acuerdo con la escala de trabajo y su nivel de detalle, el cual deben ser consecuentes con la información disponible en el país”.

El desarrollo de cada uno de estos parámetros se muestran a continuación:

**14.1.1 Tipo de Material (M).** La evaluación de este parámetro, se realizó con base en el comportamiento geomecánico del material que conforma la ladera y se utilizaron los mapas de “Caracterización geotécnica” y “Geológico”, identificando las rocas, material intermedio y suelos. Estos mapas se unieron para obtener el mapa temático del parámetro de tipo de material (M).

La masa rocosa se evaluó bajo dos condiciones principales, resistencia del material y condición de fracturamiento. En el área de estudio afloran el Esquisto (roca metamórfica (Te)) moderadamente fracturados o cizadillos (1-10 cm) con una resistencia entre 1000 y 2000 Kg/cm<sup>2</sup> (tipo 2) con una asignación de puntaje 16, el Batolito (roca ígnea(Tb) y roca metamórfica con vestigios de roca ígnea(Tbe)) moderadamente fracturados o cizallados (1-10 cm) con una resistencia mayor de 2000 Kg/cm<sup>2</sup> (tipo 1) con una asignación de puntaje de 21 y la Filita de Taganga (roca metamórfica (Ft)) moderadamente fracturadas o cizalladas (1-10 cm) con resistencia entre 500 y 1000 Kg/cm<sup>2</sup> (tipo 3) con una asignación de puntaje de 10.

Los depósitos de cuaternario de terraza marina (Qtm) tienen como roca parental a la roca metamórfica, una erodabilidad de la matriz muy baja y con una influencia de las estructuras media (10-20), con un puntaje de 27. Los depósitos de cuaternario de cono de diyección (Qcd) tienen como roca parental a la roca metamórfica, una erodabilidad de la matriz alta y con una influencia de las estructuras alta (20-30), con un puntaje de 7. Los depósitos de coluviones (Qc) tiene como roca parental a la roca ígnea, una erodabilidad de la matriz Alta y con una influencia de las estructuras baja (0-10), con un puntaje de 8. Los depósitos de cuaternario de flujos (Qf) compuesto básicamente por materiales finos tienen como roca parental a la roca metamórfica, una erodabilidad de la matriz baja y con una influencia de las estructuras muy alta (>30), con un puntaje de 6.

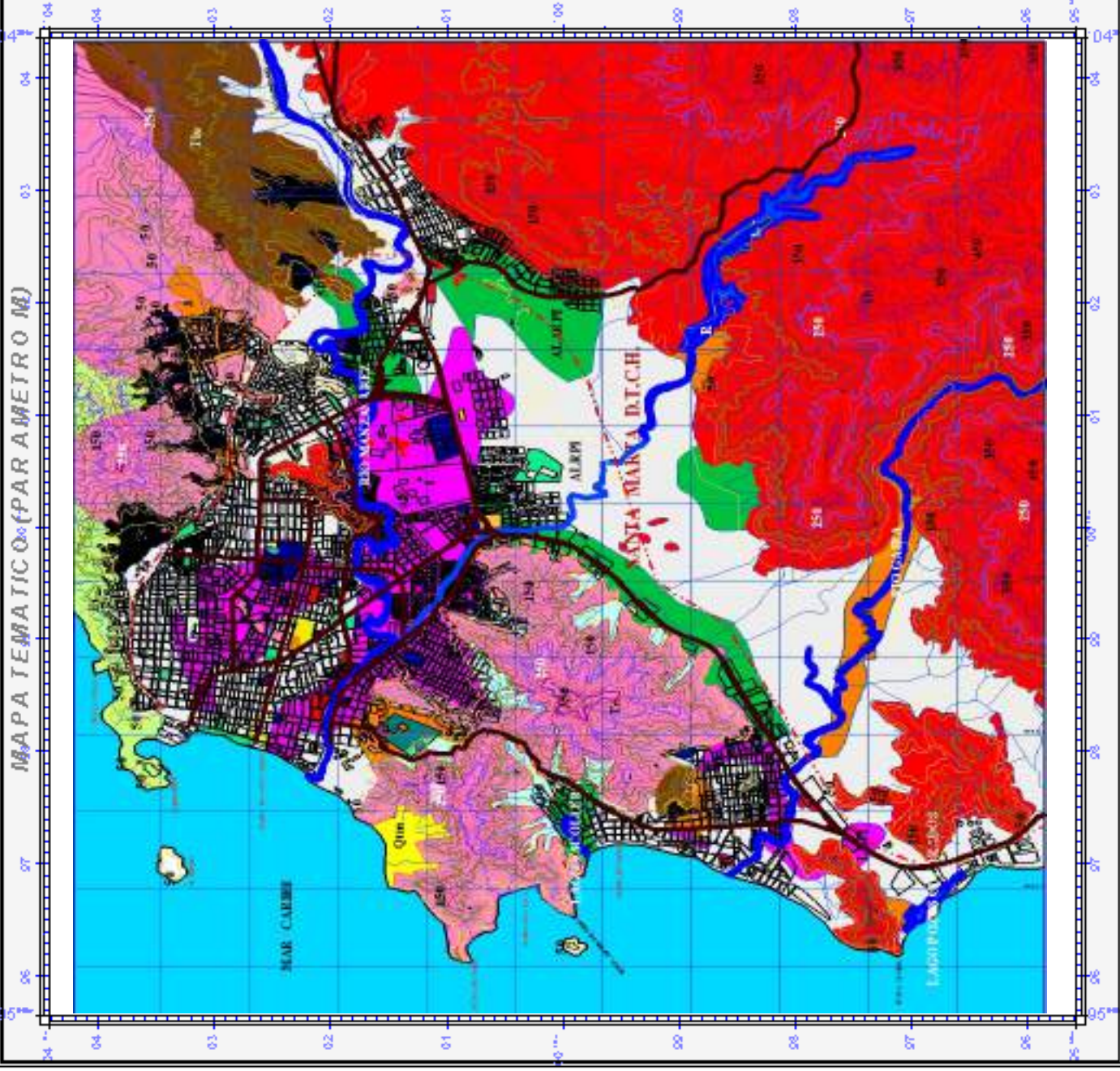
Los depósitos de cuaternario de terraza aluvial (principalmente arena) se dividieron en sub-áreas diferenciando las características de los suelos (arenas, limos y arcillas), los puntajes se manejaron así: para la arena fina limo arcillosa (**ALARPI**) con consistencia dura, profundidad de (0-1.5), material Residual fino. el puntaje es de 11. Arena limosa con densidad granular baja (**ALARPM**), material residual, con puntaje de 3. Arena limosa con densidad granular ,transportado por la acción del agua (**ALRPM**), con puntaje de 12. Arena fina limo arcillosa con consistencia dura (**ALRPI**), profundidad de (0-1.5), material residual fino con puntaje de 5. Para la Arcilla de consistencia blanda (**ARRPM**), profundidad (0 - 0.4), transportado por acción directa de la gravedad o deslizamiento de material en su parte alta con puntaje de 1. Arcilla de baja consistencia (**ARRPI**), profundidad (0 -0.4), transportado por acción del agua con puntaje de 3. Limo de consistencia blanda (**LRPI**), profundidad de (0-4), material residual con puntaje de 3. Limo de consistencia blanda (**LRPM**), profundidad de (0-4), material transportado por acción de agua con puntaje de 3. En el área de estudio se encontró suelos residuales y transportados (por gravedad, agua y viento) con composiciones predominantes tanto granular (>65% Retenido en el T200, con densidades alta, media y baja) como fina (>35% que pasa el T200, con consistencia dura , media y blanda) y que tienen como roca parental la ígnea y la metamórfica, con estas características se obtiene el tipo de suelo (tipo 1, 2, 3 y 4), que junto a la condición en el terreno ya sea granular o fino se obtienen los puntajes por áreas del suelo, por ejemplo, hay un tipo de suelo en el sector del rodadero que es una arcilla de consistencia firme y plasticidad media (AR (0-3)) que es suelo transportado por medio del agua, con estas propiedades el tipo de suelo que se obtiene de la tabla ( 2 y 3) es tipo 3 y el puntaje para esta condición es de 11, así, se hizo sucesivamente para cada área de suelo. A continuación se muestra la tabla que describe el parámetro **M** y el mapa temático (figura 16).

Tabla 25. Descripciones del Parámetro M

ID	Símbolo	Características	Área de Afectación	PUNTAJE
Mi4	Qc	Cuaternario de coluvión, tiene como roca parental la roca ígnea, superficie de meteorización pronunciada, sistema de diaclazamiento (Rellenos), generadas por deslizamientos antiguos.	74,3	8,0
Mi3	Qcd	Cuaternario de cono de diyección, tiene como roca parental a la roca Metamórfica, presenta sistema de diaclazamiento (Rellenos), material que presentan una erodabilidad alta.	161,9	7,0
Mi1m	Qtm	Cuaternario de Terraza marina, tiene como la roca parental la roca metamórfica, con erodabilidad baja, sistema de diaclazamiento (Relleno).	45,9	27,0
Ms3	ARRPI	Arcilla de baja consistencia, profundidad 0.4, transportado por acción del agua.	150,6	3,0
Ms2a	ALARPI	Arena fina limo arcillosa con consistencia dura, profundidad de (0-1.5), material residual fino.	254,0	11,0
Ms3a	LRPI	Limo de consistencia blanda profundidad de (0-4), material residual.	18,0	3,0
Ms2b	LRPM	Limo de consistencia blanda profundidad de (0-4), material transportado por acción de agua.	915,8	3,0
Ms2	ALRPI	Arena fina limo arcillosa con consistencia dura, profundidad de (0-1.5), material residual fino.	1809,6	5,0
Ms2c	ALARP M	Arena limosa con densidad granular baja, material residual.	330,5	3,0
Mr2a	Tbe	Roca metamórfica con vestigios de rocas ígneas, moderadamente cizallada (1-10cm), con una resistencia mayor de 2000 Kg/cm <sup>2</sup> .	489,4	21,0
Ms3b	ARRPM	Arcilla de consistencia blanda, profundidad (0 - 0.4), transportado por acción directa de la gravedad o deslizamiento de material en su parte alta.	162,5	1,0
Ms1	ALRPM	Arena limosa con densidad granular, transportado por la acción del agua.	1012,074	12,0
Mr2	Te	Esquisto, roca metamórfica, moderadamente fracturada (1-10cm) con una resistencia de 1000 Kg/cm <sup>2</sup> y 2000 Kg/cm <sup>2</sup>	1683,021	16,0
Mr3	Ft	Filitas, Roca metamórfica, moderadamente cizallada (1-10cm) con una resistencia entre 500 y 1000 Kg/cm <sup>2</sup> .	188,021	10,0
Mi1	Qf	Depósitos cuaternario de flujo, compuesto básicamente por material fino tienen como roca parental a la roca ígneas, la erodabilidad es baja.	161,985	6,0
Mr1	Tb	Batolito, roca ígnea, moderadamente fracturada (1-10cm) con una resistencia mayor 2000 Kg/cm <sup>2</sup> .	4131,164	21,0



# MAPA TEMÁTICO (PARÁMETRO M)



## LEYENDA

	Roca Metamórfica con Venigios de Roca Ignea
	Roca Ignea - Batolito de Santa Maria
	Roca Metamórfica - Esquistos de Santa Maria
	Roca Metamórfica - Filitas de Taganga
	Cuaternario de Coluvión
	Cuaternario de Cona de Divesción
	Cuaternario de Flujos
	Cuaternario de Terrazo Marino
	Aréolo de Cons. Blanda con Roca Parental Ignea
	Aréolo de Cons. Blanda con Roca Parental Metamórfica
	Limo de Cons. Blanda con Roca Parental Ignea
	Limo de Cons. Blanda con Roca Parental Metamórfica
	Limo de Cons. Blanda con Roca Parental Ignea
	Limo de Cons. Blanda con Roca Parental Metamórfica
	Arena Lima-Arellosa de Cons. Dura con R.P. Ignea
	Arena Lima-Arellosa de Cons. Media con R.P. Metamórfica
	Arena Limosa de Densidad Baja con R.P. Ignea
	Arena Limosa de Densidad Media con R.P. Metamórfica

UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA  
SANTAMARTA D.T.C.H.

Contiene:  
MAPA TEMÁTICO DEL PARÁMETRO M  
Diseño y Dibujo:  
Vladimir Arenas Q. Freddy Mazurett G.

Escala:  
1 : 65 000  
Plano:  
2 de 16

Observaciones:

Zonificación de Amenazas Geológicas Potenciales del  
Caso Urbano del Distrito de Santa Marta

**14.1.2 Relieve (R).** La condición de estabilidad de una ladera ésta asociada en términos del relieve a las características morfométricas y a los procesos morfodinámicos actuales sobre ellos.

Para evaluar este parámetro se tuvo en cuenta dos factores fundamentales; pendiente promedio y forma característica del perfil longitudinal. La información base para la elaboración del mapa temático de relieve fue por medio de un mapa en formato papel de las curvas de nivel cada 25 m, este se digitalizó por medio de un Sistema de Información Geográfica (Map Maker 3.5) el mapa de pendientes valorizado, con rangos de 0-7°, 7-15°, 15-30°, 30-45° y >45°; y el mapa de perfiles longitudinales valorizado con unidades cóncavas, convexas y rectilíneas, obteniendo así dos mapas temáticos base valorizados para este parámetro. Estos mapas se cruzaron sistemáticamente (superposición) para formar el mapa temático valorizado de “Relieve”.

Los perfiles se tomaron para cada rango de pendiente, los mas representativos que se encontraban en la unidad cartografiable del terreno.

En el área de estudio, los puntajes obtenidos para este parámetro después de la superposición de los dos mapas temáticos base se encuentran en la tabla 26 con su respectivo mapa (figura 17).

Tabla 26. Descripciones del parámetro R.

ID	Area (Ha)	Pendiente (Grado)	Perfil Longitudinal	PUNTAJE
R5	7855,8	0 - 7°	RECTILINEO	42,0
R4	1998,9	7 - 15°	CONVEXO	28,0
R3	2289,6	15 - 30°	RECTILINEO	22,0
R2	246,1	30 - 45°	CONCAVO	20,0
R1	19,1	> 45°	CONCAVO	16,0



# MAPA TEMÁTICO (PARÁMETRO R)



## CONVENCIONES TOPOGRÁFICAS

	Drenaje
	Curva de Nivel
	Río, Quebrada
	Línea Fierrea
	Vías Principales
	Manzana, Ciudadra
	Laguna
	Parque, Zona Verde
	Cementerio
	Estación de Servicio
	Entidades Indispensables

## LEYENDA

	0 - 7° Rectilineo
	7 - 15° Cóncavo
	15 - 30° Rectilineo
	30 - 45° Cóncavo
	> 45° Cóncavo

UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA  
SANTAMARTA D.T.C.H.

Contiene:  
MAPA TEMÁTICO DEL PARÁMETRO  
R  
Diseño y Dibujo:  
Vladimir Arenas Q. Freddy Mazonetti G.

Escala: 1 : 80.000  
Plano: 3 de 16

Observaciones:

Zonificación de Amenazas Geológicas Potenciales del  
Casco Urbano del Distrito de Santa Marta

**14.1.3 Drenaje (D).** El sistema de drenaje en una ladera es un factor primordial en los procesos morfodinámicos actuales. Los canales naturales constituyen los agentes mas importantes del transporte de materiales desde áreas elevadas hacia las partes bajas. Teniendo en cuenta que el modelo de disección (drenaje) depende de la características litológicas, climáticas y topográficas se evaluaron dos elementos fundamentales: la densidad de drenaje y la pendiente promedio del cauce.

Para la elaboración del mapa temático de drenaje se digitalizaron a partir de un mapa formato papel, los drenajes del área de estudio y las microcuencas. Se determinó por medio del SIG, la longitud y cotas extremas de todos los cauces que se encontraban dentro de cada microcuencas y el área y perímetro de cada microcuencas. Teniendo en cuenta los elementos de la morfología de cada microcuencas, se calculo la densidad de drenaje (D) con la siguiente expresión:

$D = L/A$  en m/Ha, donde:

L = longitud total de cauces en metros.

A = área de la microcuenca en hectáreas.

De acuerdo a los valores la densidad de drenaje se clasifica en baja, media y alta para los rangos de valores descritos a continuación. Los rangos de valores para la densidad de drenaje están definidas así: 0-25 m/Ha baja, 25-45 m/Ha media y mayor de 45 m/Ha alta.

La pendiente de cauces entendida como el promedio ponderado para cada microcuenca se agrupa en tres rangos a saber 0-5° baja, 5-15° media y mayores de 15° alta. Esta pendiente del cauce se halla determinando el desnivel entre el punto más elevado y más bajo del cauce en estudio y luego dividirlo entre la longitud del mismo cauce, se calcula mediante la expresión:

$$j = \text{Arctang} \frac{(H_{\max} - H_{\min})}{L}$$

Donde: j: pendiente media del cauce (grados).

$H_{\max}$ : altitud máxima del cauce (m).

$H_{\min}$ : altitud mínima del cauce (m).

L: longitud del cauce (m).

Definidos estos elementos se evaluó y se califico a cada microcuenca con respecto a la clasificación del parámetro de Drenaje (D), los puntajes correspondientes a cada microcuenca varían entre 6 y 35. En la tabla 27 se

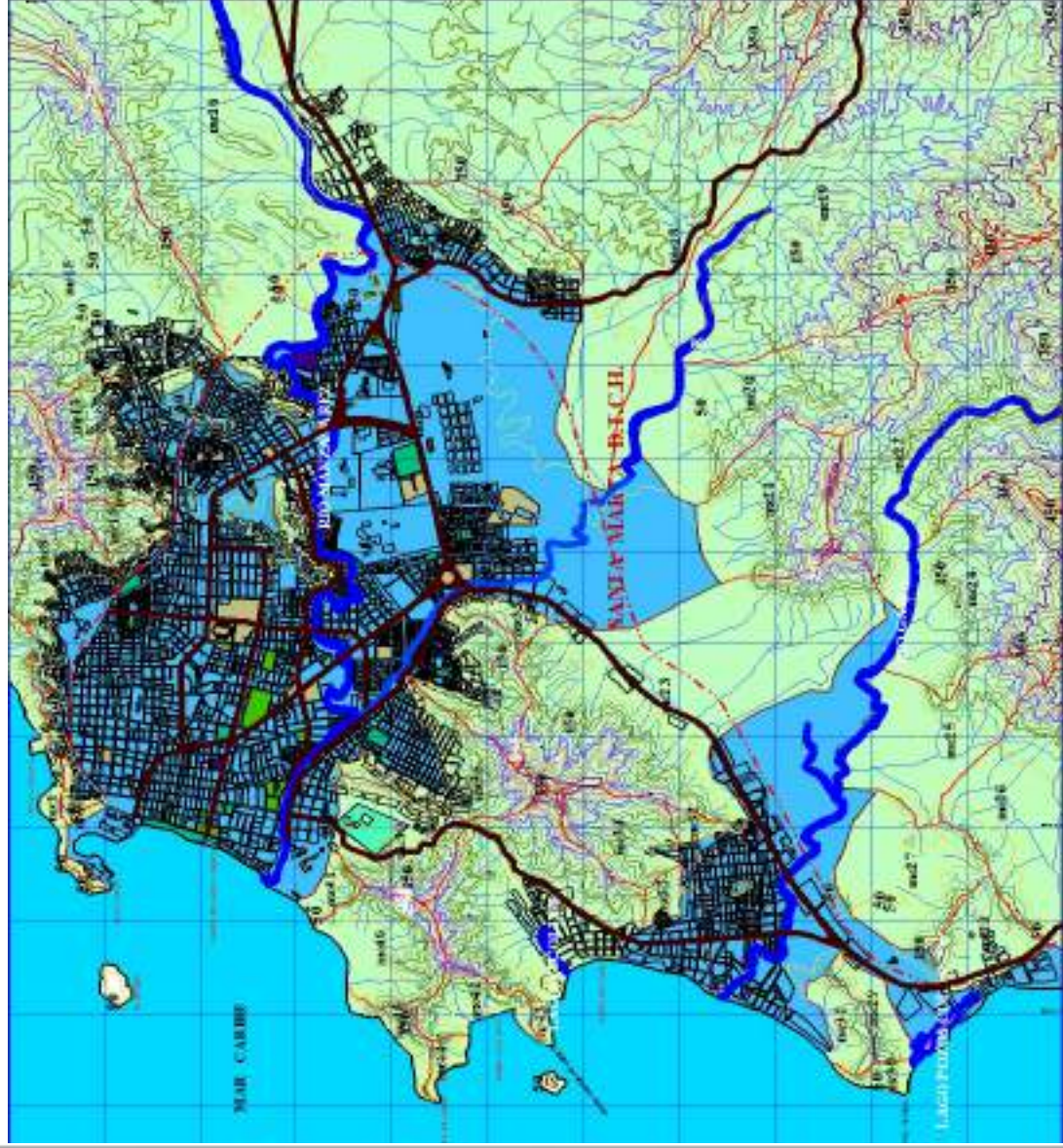
muestran el puntaje y las características de este parámetro y en el mapa temático (figura 18).

Tabla 27. Características Morfométricas de las cuencas

ID	Área (Hectárea)	Perímetro (metros)	Long. del cauce principal L(m)	Long. de Cauces l(m)	Pendiente Prom. de Cauces S(m/m)	Densidad D (m/Ha)	Pend. Prom. Cauces (Grados)	PUNTAJE
D12	17,3	1653,0	481,0	481	0,287	27,7	15	10,0
D43	9,0	1367,6	147,0	348	0,480	38,8	25	10,0
D20	288,9	8651,2	1215,0	9460	0,244	32,8	13	19,0
D21	191,4	5567,2	1556,0	6512	0,262	34,0	14	19,0
D19	1160,8	26187,9	3809,0	44401	0,100	38,3	5	30,0
D24	292,0	7288,8	1678,0	11500	0,249	39,4	14	19,0
D25	206,8	7959,9	1648,0	5731	0,254	27,7	14	19,0
D27	174,1	5304,1	625,0	1515	0,150	8,7	8	25,0
D26	220,6	7549,4	1496,0	8042	0,319	36,5	17	10,0
D28	82,6	3731,4	464,0	1895	0,394	22,9	21	16,0
D29	42,0	3367,5	389,0	895	0,413	21,3	22	16,0
D33	17,6	2040,3	262,0	464	0,434	26,4	23	10,0
D32	16,5	2231,7	252,0	352	0,317	21,4	17	16,0
D34	96,6	4017,9	1387,0	2716	0,312	28,1	17	10,0
D45	29,7	3855,7	278,0	670	0,402	22,6	22	16,0
D44	16,3	2128,1	319,0	610	0,485	37,4	25	10,0
D40	121,6	4392,2	1135,0	3430	0,270	28,2	15	19,0
D39	127,2	4571,8	543,0	1852	0,313	14,6	17	16,0
D41	24,7	2382,4	340,0	887	0,450	35,9	24	10,0
D36	111,9	7314,2	644,0	2261	0,342	20,2	18	16,0
D37	104,0	5492,1	814,0	3041	0,350	29,2	19	10,0
D38	24,9	2738,2	336,0	857	0,261	34,4	14	19,0
D18	635,6	14196,8	4575,0	23844	0,193	37,5	10	19,0
D16	1625,7	37654,9	1979,0	43727	0,150	26,9	8	19,0
D17	107,9	5332,1	476,0	1249	0,245	11,6	13	25,0
D15	553,6	10753,7	2329,0	14983	0,183	27,1	10	19,0
D13	51,4	3031,5	1003,0	2532	0,398	49,3	21	6,0
D14	71,2	4314,2	512,0	1762	0,382	24,8	20	16,0
D11	51,1	3413,7	1025,0	1640	0,427	32,1	23	10,0
D10	36,0	2694,8	918,0	1344	0,341	37,4	18	10,0
D8	74,5	4432,9	402,0	2159	0,343	29,0	18	10,0
D9	13,1	1919,0	233,0	434	0,625	33,0	33	10,0
D7	18,2	2375,7	226,0	637	0,416	34,9	22	10,0
D1	53,1	7882,7	252,0	14468	0,460	27,7	21	10,0
D6	5,6	1005,0	133,0	259	0,352	46,2	19	6,0
D5	3,0	766,8	74,0	74	0,563	24,8	29	16,0
D4	8,7	1843,1	100,0	322	0,589	37,1	30	10,0
D3	5,5	1239,0	121,0	191	0,637	35,0	32	10,0
D2	4,7	1222,9	74,0	114	0,470	24,3	34	16,0
D35	317,3	7526,2	1624,0	8995	0,333	28,4	18	10,0
D42	55,3	4128,9	604,0	1702	0,464	30,8	25	10,0
D22	583,7	26060,2	1498,0	17407	0,247	29,8	14	19,0
D23	631,0	17113,9	2945,0	25046	0,315	39,7	17	10,0
D0	3189,1	94001,2	0,0	0	0,000	0,0	0	35,0
D30	17,4	2329,1	270,0	515	0,482	29,7	25	10,0
D31	43,9	3090,9	794,0	1589	0,464	36,2	24	10,0



# MAPA TEMÁTICO (PARAMETRO D)



## CONVENCIONES TOPOGRAFICAS

- Drenaje
- Curva de Nivel
- Río, Quebrada
- Línea Férrea
- Vías Principales
- Manzana, Cuadra
- Laguna
- Parque, Zona Verde
- Cementerio
- Estación de Servicio
- Entidades Indispensables

## LEYENDA

- Microcuencas
- Área sin Drenajes Naturales
- Divisoria de Microcuencas

UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA  
SANTAMARTA D.T.C.H.

Contiene:  
MAPA TEMÁTICO DEL PARÁMETRO  
D  
Diseño y Dibujo:  
Vladimir Arenas Q, Freddy Mazonett G.

Escala: 1 : 80.000  
Plano: 4 de 16  
Observaciones:

Zonificación de Amenazas Geológicas Potenciales del  
Casco Urbano del Distrito de Santa Marta

**14.1.4 Vegetación (V).** Para la evaluación de este parámetro se tuvo en cuenta tres factores: pendiente del terreno; que se determina con el mapa de pendiente (para los rangos de pendiente de 0-15°, 15-45°, >45°) diseñado anteriormente, tipo de vegetación (Arbóreos, Arbustivos, Herbáceos y área sin vegetación ó desmonte) el cual se elaboró un mapa temático base de cobertura vegetal de acuerdo a la información secundaria y primaria referente de la zona de estudio y por ultimo el porcentaje de área cubierta de vegetación, para luego así asignarle valores.

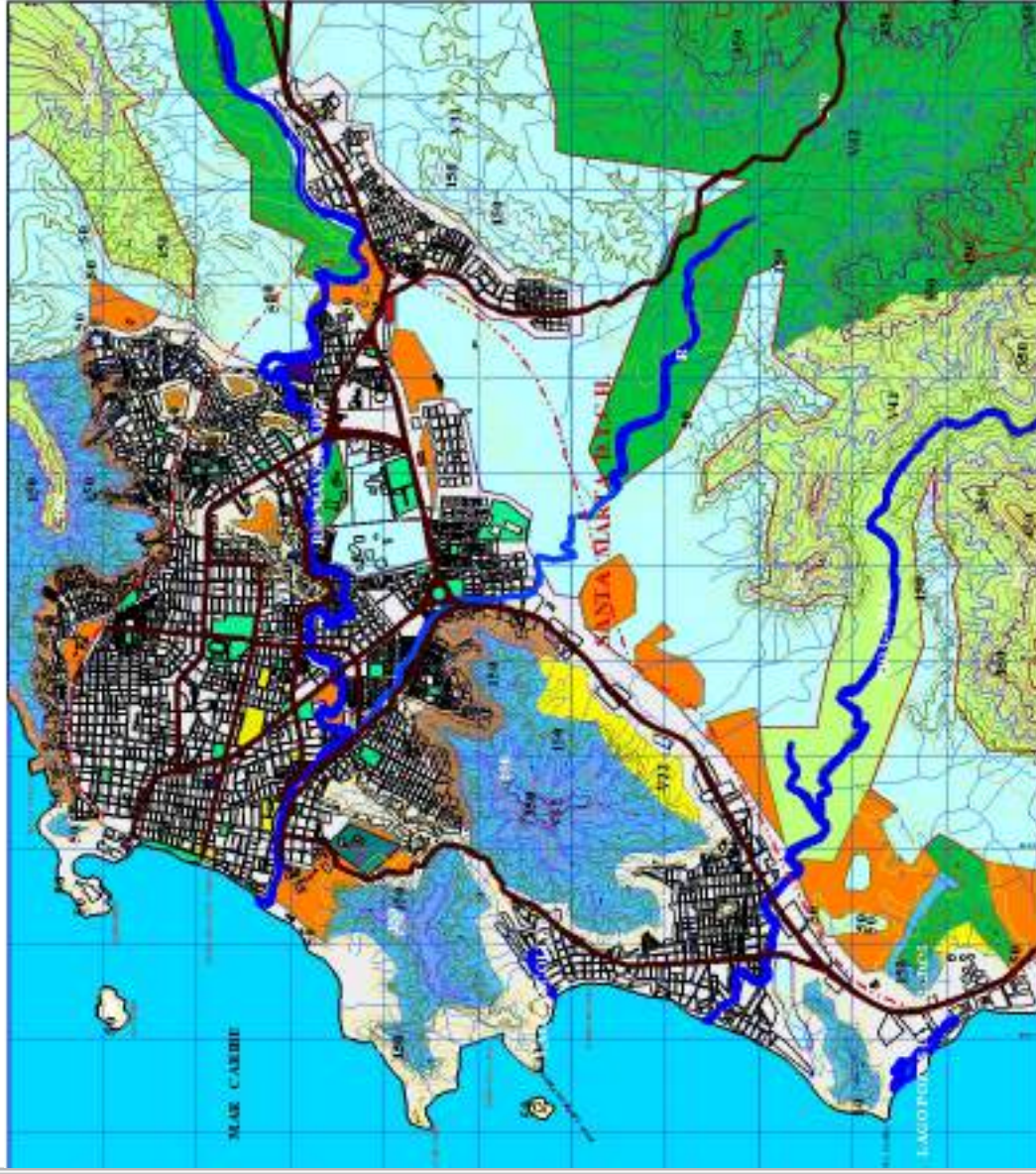
En el mapa la identificación del tipo de vegetación fue: Vegetación Subhigrofitica Arbóreo **SUBH(ARB)**, Vegetación Parantropofítica Arbustiva **PAR(ARBUS)**, Vegetación Subhigrofitica Herbáceo **SUBH(HER)** y Área sin Vegetación o Desmonte **DES**. El porcentaje para cada unidad de área cubierta por vegetación establecida fue mayor del setenta por ciento (>70%). La tabla 28 muestra las características y valores para cada tipo de vegetación, también se muestra el mapa (figura 19)

Tabla 28. Característica del Parámetro V.

ID	Descripción	AREA (Ha)	PUNTAJE
<b>HERB, 15 - 45°</b>	Vegetación Herbácea (pasto, cultivos bajo), con pendiente predominante en la unidad cartografiada de 15-45°.	89,1	14,0
<b>HERB, 0 - 15°</b>	Vegetación Herbácea (pasto, cultivos bajo), con pendiente predominante en la unidad cartografiada de 0-15°.	516,6	25,0
<b>RASTR, 0 - 15°</b>	Vegetación Arbustiva (rastreo medio, cultivos permanente o semi-permanente), con pendiente predominante en la unidad cartografiada de 0-15°.	2792,9	27,0
<b>ARB, 0 - 15°</b>	Vegetación Arbórea (bosque nativo, bosque secundario, Rastrojo alto), con pendiente predominante en la unidad cartografiada de 0-15°.	1950,6	32,0
<b>ARB, 15-45°</b>	Vegetación Arbórea (bosque nativos, bosque secundario, Rastrojo alto), con pendiente predominante en la unidad cartografiada de 15-45°.	1587,3	25,0
<b>DESM, 0 - 15°</b>	Cultivos limpios, sin vegetación, con pendiente predominante en la unidad cartografiada de 0-15°.	3396,2	20,0
<b>RASTR, 15 - 45°</b>	Vegetación Arbustiva (rastreo medio, cultivos permanentes o semi-permanente), con pendiente predominante en la unidad cartografiada de 15-45°.	940,5	17,0
<b>DESM, 15 - 45°</b>	Cultivos limpios, sin vegetación, con pendiente predominante en la unidad cartografiada de 15-45°.	275,5	8,0



# MAPA TEMÁTICO (PARAMETRO V)



## CONVENCIONES TOPOGRAFICAS

- Drenaje
- Curva de Nivel
- Rio, Quebrada
- Línea Ferrea
- Vías Principales
- Manzana, Cuadra
- Laguna
- Parque, Zona Verde
- Cementerio
- Estación de Servicio
- Entidades Indispensables

## LEYENDA

- Herbáceo 15 - 45%
- Herbáceo 0 - 15%
- Arbustivo 0 - 15%
- Arbustivo 15 - 45%
- Arborea 0 - 15%
- Arborea 15 - 45%
- Desmonte 15 - 45%
- Desmonte 0 - 15%

UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA  
SANTAMARTA D.T.C.H

CORRIENTE  
MAPA TEMÁTICO DEL PARAMETRO V  
Durán y Villegas  
Vladimir Antonio Q. Pineda Macías C.

Fecha: 1.10.2011  
Observaciones: E de 16

Elaboración de: *América Geológica Potencial del  
Centro Urbano del Distrito de Santa Marta*



**14.1.5 Evidencias de Fenómenos de Inestabilidad (F).** Con base en el mapa de evidencia de fenómeno de inestabilidad elaborado por los estudiante de Ingeniería Civil; Antonio Espeleta y Juan Carlos Villalobos en el proyecto de inventario de procesos de Fenómenos de Remoción en Masa, se determinó los lugares que han presentado deslizamientos y zonas caóticas, se evaluó este parámetro de acuerdo al rango de intervalo de puntaje de 7 - 40, donde se califico a las zonas geomorfológicas susceptibles a deslizamientos s **(CEV)**, remoción de material por dinámica marina **(RDM)** y corte escarpe cantera **(CEC)** con un puntaje de 7, que es la condición mas critica para este parámetro; a la zona de flujo de suelos – lavado superficial **(FS)** la calificamos con un puntaje de 28, por presentar una condición medianamente susceptible (10 – 30% de área asociada a fenómenos de inestabilidad) a la ocurrencia de deslizamientos y al área de depositación de material de arrastre **(MA)** la calificamos con un puntaje de 40 por no presentar evidencia de procesos de inestabilidad.

A continuación se presenta la tabla 29 donde describe ciertas características del parámetro F y se muestra el mapa temático (figura 20).

Tabla 29. Descripciones del Parámetro F

ID	Características	Área de Afectación	PUNTAJE
<b>RDM</b>	Remoción del Material por Dinámica Marina	144,9	7,0
<b>DT</b>	Área Susceptible a Deslizamiento Trasnacional	585,1	7,0
<b>CEV</b>	Corte Escarpe Vía, Caída de Material	7,3	7,0
<b>EDM</b>	Escarpe por Dinámica Marina	12,7	7,0
<b>MA</b>	Área de Depositación de Material de Arrastre	4392,9	40,0
<b>FS</b>	Flujo de suelo, Lavado Superficial	6391,8	28,0
<b>CEC</b>	Corte Escarpe Cantera, Caída de Material.	3,3	7,0

# MAPA TEMÁTICO (PARÁMETRO F)



## CONVENCIONES TOPOGRÁFICAS

	Drenaje
	Curva de Nivel
	Río, Quebrado
	Línea Farrea
	Vías Principales
	Manzana, Cuadra
	Laguna
	Parque, Zona Verde
	Cementerio
	Estación de Servicio
	Entidades Indispensables

## LEYENDA

	Remoción del Material por Dinámica Marina
	Área Susceptible a Deslizamiento Traslacional
	Corriente Escarpe Via, Caída de Material
	Escarpe por Dinámica Marina
	Área de Depósito de Material de Arrastre
	Flujo de Suelo, Lavado Superficial
	Corriente Escarpe Canchales, Caída de Material

UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA  
SANTAMARTA D.T.C.H.

Contiene:  
MAPA TEMÁTICO DEL PARÁMETRO  
F

Diseño y Dibujo:

Vladimir Arenas Q. Freddy Mazurek G.

Escala:

1 : 80.000

Plano:

6 de 16

Observaciones:

Zonificación de Amenazas Geológicas Potenciales del  
Casco Urbano del Distrito de Santa Marta

**14.1.6 Erosión (E).** La erosión es parte integral de los procesos morfodinámicos responsables del modelado de la superficie, se entiende como aquel fenómeno en el cual ocurre arranque y transporte inicial del material por un agente externo (agua, aire, animales y hombre) y por lo tanto excluye los movimientos en masa que se consideran como translocaciones de material por acción de la gravedad, la cual no es un medio de transporte (González 1990).

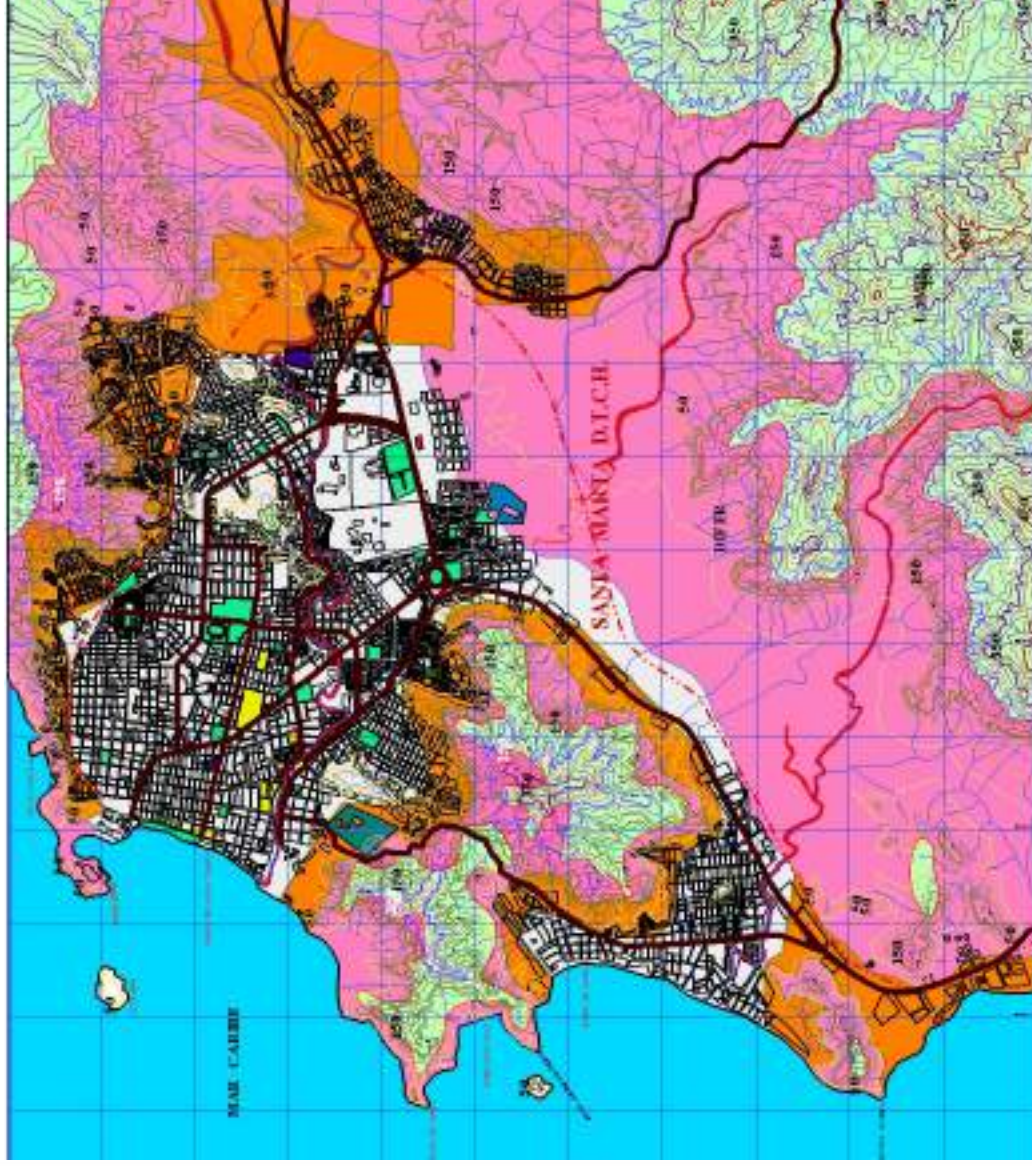
Con base al proyecto de Inventario de Procesos de Fenómenos de Remoción en Masa que presenta el mapa de “Tipos de Erosión”, se elaboró el mapa temático de erosión corrigiéndolo y adaptándolo a la metodología, el porcentaje de área afectada en cada zona de erosión (laminar, diferencial, concentrada y por socavación) es mayor del 60% (muy severa), ya que se está trabajando con el área directamente afectada y no con unidades de terreno con que trabaja la metodología. En el área de estudio encontramos los tipos de erosión mencionados en la metodología, como son Erosión Laminar (**LAMIN**) con un puntaje de 5, Erosión Diferencial (**DIFER**) con un puntaje de 4, Erosión Concentrada (**CONC**) con un puntaje de 3 y Erosión por Socavación (**SOCAV**) con un puntaje de 2 y las áreas sin erosión (**NO ERO**) con un puntaje de 35. La tabla 30 muestra las características morfológicas y valores para cada microcuencas, el mapa temático de este parámetro se presenta en la figura 21.

Tabla 30. Características del parámetro E

ID	Descripción	PUNTAJE	Área (Ha)	Perímetro (m)
<b>LAMIN</b>	Erosión Laminar (para un porcentaje de afectación muy severa >60%)	5,0	2398,2	79165,3
<b>CONC</b>	Erosión Concentrada (para un porcentaje de afectación muy severa >60%)	3,0	1720,5	86549,5
<b>DIFER</b>	Erosión Diferencial (para un porcentaje de afectación muy severa >60%)	35,0	2234,5	63202,4
<b>SOCAV</b>	Erosión por socavación Diferencial (para un porcentaje de afectación muy severa >60%)	4,0	5349,5	162749,4
<b>NO ERO</b>	Sin erosión	2,0	90,1	67209,8



# MAPA TEMÁTICO (PARÁMETRO E)



CONVENCIONES TOPOGRÁFICAS	
	Drenaje
	Curva de Nivel
	Río, Quebrada
	Línea Fierrea
	Vías Principales
	Manzana, Candra
	Laguna
	Parque, Zona Verde
	Cementerio
	Estación de Servicio
	Entidades Indispensables

LEYENDA	
	Erosión Laminar
	Erosión Concentrada
	Erosión Diferencial
	Erosión por Socavación
	Sin Erosión

UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA  
SANTAMARTA D.T.C.H.

Contiene:  
MAPA TEMÁTICO DEL PARÁMETRO  
E

Diseño y Dibujo:  
Vladimir Arenas O. Freddy Mazonet C.

Escala:  
1 : 80.000

Plano:  
7 de 16

Observaciones:

Zonificación de Amenazas Geológicas Potenciales del  
Casco Urbano del Distrito de Santa Marta

**14.1.7 Clima (C).** La valoración de este parámetro se realizó exclusivamente con la precipitación, por considerar que la lluvia es el principal factor detonante de inestabilidad, aunque en ocasiones es un factor contribuyente. La zona presenta una precipitación media anual aproximada de 146 mm.

El puntaje seleccionado para el análisis del clima, con base en la precipitación media anual alta fue de 8, para la condición mas desfavorable de pluviosidad en el área de estudio.

Tabla 31.Descripciones del Parámetro C

ID	AREA	PERIMETRO	DESCRIPCIÓN	PUNTAJE
C	11532,7	48440,2	PRECIPITACION PMA (146mm)	8,0

**14.1.8 Sísmicidad (S).** La cargas dinámicas debidos a temblores y volúmenes de material producen dos efectos en los taludes, aumento de los esfuerzos de corte y disminución de la relación de vacíos del material, lo que llega a la generación de un exceso de presión de poros. La evaluación de este parámetro se determinó de acuerdo a la aceleración pico efectiva ( $A_a$ ) de la zona y los tipos de perfiles de suelos. De acuerdo a la Norma Sismo Resistente (NRS-98) Capitulo A.2, Tabla A.2-2 y la Figura A.2-2 el área de estudio (Distrito de Santa Marta) tiene un coeficiente de aceleración pico efectiva  $A_a = 0.15$ . , y los tipos de perfiles de suelo establecida en esta norma en el Capitulo A.2, Artículo A.2.4.1. son los perfiles de suelo S1 y S2. En base al mapa temático (figura 22) de Tipo de Material (M). Los puntajes de evaluación para este parámetro en la zona de estudio para cada tipo de perfil, teniendo en cuenta que el  $A_a$  (Coeficiente de Aceleración Efectiva) es igual a 0.15, son: S1 = 13, y S2 =7.

Tabla 32. Característica del Parámetro S

ID	Característica de Tipo de Perfil de Suelo	Área (Ha)	PUNTAJE	Aa
S1	Perfil entre la roca y la superficie están conformado por suelo duro ó denso con un espesor menor de 60 metros compuesto por depósitos estables de arena, grava o arcillas duras o suelos no cohesivo.	7242.00	13,0	0.15
S2	Perfil en donde entre la roca y la superficie existen más de 60 m de depósitos estables de suelos duros ó densos compuestos por depósitos estables de arcillas duras o suelos no cohesivos. Perfil en donde entre la roca y la superficie existe menos de 60 m de deposito de suelo de consistencia media.	4291.06	7,0	



# MAPA TEMÁTICO (PARÁMETRO S)



## CONVENCIONES TOPOGRÁFICAS

- Drenaje
- Curva de Nivel
- Río, Quebrada
- Línea Férrea
- Vías Principales
- Manzana, Candra
- Laguna
- Parque, Zona Verde
- Cementerio
- Estación de Servicio
- Entidades Indispensables

## LEYENDA

- Perfil de Suelo S1
- Perfil de Suelo S2

UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA  
SANTAMARTA D.T.C.H.

Contiene:  
MAPA TEMÁTICO DEL PARÁMETRO  
S

Diseño y Dibujo:  
Vladimir Arenas O. Freddy Mazonett G.

Escala:  
1 : 80.000

Plano:  
8 de 16

Observaciones:

Zonificación de Amenazas Geológicas Potenciales del  
Casco Urbano del Distrito de Santa Marta

**14.1.9 Factor Antrópico (A).** Este parámetro fue adicionado al proyecto debido a los cambios que han sufrido los suelos de las zonas urbanas del área de estudio debido a acciones tales como las obras de infraestructura realizadas inadecuadamente y a la gran influencia que presenta en la inestabilidad de una zona.

Como la metodología no tiene en cuenta en forma directa la acción del hombre en el deterioro notable de las ladera, surgió la necesidad de implantar una metodología que se pudiera adaptar fácilmente a la metodología utilizada (**Sistema Semi-cuantitativo de Evaluación a Escala Intermedia de Zona Homogénea de Estabilidad Propuesta por Ramírez y González**), dicha metodología fue presentada en el III Simposio Panamericano de Deslizamiento llamada “**Evaluación de la Acción del Hombre en los Estudio de Amenaza y Riesgo por Deslizamientos en Bogota**” (Pág. 163-174).

El Factor Antrópico como desencadenante o contribuyente de movimientos en masa, se puede estudiar a partir de considerar el cambio de uso de suelo como transformador del medio físico. En caso de uso urbano como la construcción de infraestructura (vías, redes) y viviendas, y en el caso de uso minero a la modificación de la morfología del área. En primera instancia, cualquier acción del hombre para el cambio del uso, se inicia con la deforestación y en general las construcciones de viviendas que causan cortes y sobrecargas (rellenos o botaderos y construcciones), los cuales, acompañados del manejo incontrolado de aguas servidas, generan indiscriminadamente sobre las laderas efectos de cargas, sobrecargas, modificación del drenaje e infiltración.

Para la elaboración del mapa del Factor Antrópico se tuvo en cuenta cinco factores que se representan cada uno en un mapa base, tales mapas son: (EM) explotaciones mineras, (AP) acueducto, (AS) alcantarillado sanitario, (VI) vías y (RO) rondas.

➤ **Explotación Minera (EM).** En la elaboración del mapa temático de “**explotación minera**” se ubicaron las zona de ambiente geológico que proporcionen fuentes de materiales pétreos para la construcción, especialmente arena, arcilla, grava, gravilla, rajón, triturados etc. Estas áreas fueron identificadas según el tipo y magnitud de explotación.

Para cada área ubicada de explotación minera se inventariaron y cartografiaron sus características actuales, se recopiló información sobre la ubicación geográfica, coordenadas, fenómenos de remoción en masa y procesos erosivos presentes, material de explotación, estado actual y actividad minera. En la Tabla 34 se muestran las canteras y ladrilleras con sus características.

Las unidades para determinar el grado de afectación del medio físico por la actividad minera, se evaluaron de acuerdo a dos aspectos: Estado Actual y tipo de Actividad Minera.

- ❖ **Estado Actual:** Se refiere al uso actual de las áreas que tradicionalmente han sido de uso minero, para lo cual se clasificaron en activas, inactivas (o abandonadas) y ocasionales. Como muchas de estas áreas están dentro de la zona urbana o muy cerca de ella se subdividieron en urbanizadas, no urbanizadas y recreacionales o botaderos; de estas combinaciones se obtuvo el estado actual de estas áreas en las diferentes localidades, según el tipo de material explotado y la antigüedad de dichas explotaciones.
- ❖ **Actividad Minera:** La Industria minera está representada principalmente en canteras y ladrilleras. Las zonas de arranque y transporte de material sin ningún procesamiento, se denominan como actividad minera extractiva (canteras). Las actividades mineras que incluyen en un mismo sitio el arranque del material y la fabricación de productos elaborados o semielaborados se le denomina extractiva - transformadora (ladrilleras) y las zonas donde sólo se elaboran productos para la construcción y se trae el material de áreas vecinas se denomina actividad transformadora.

La simbología establecida por la metodología utilizada para cada condición descrita anteriormente se muestra en la tabla 33 y las características de este parámetro se muestran en la tabla 34.

Tabla 33. Simbología Explotación Minera.

ESTADO ACTUAL				ACTIVIDAD MINERA	
Activa	<b>A</b>	Urbanizada	<b>U</b>	Extractiva	<b>e</b>
Inactiva	<b>I</b>	Sin Urbanizar	<b>N</b>	Extractiva-Transformadora	<b>et</b>
Ocasional	<b>O</b>	Recreacional / Botadero	<b>R</b>	Transformadora	<b>t</b>



Tabla 34. Características del parámetro de Explotación Minera (EM)

ID	Nombre	Ubicación	Tipo de Material Extraído	Método de Explotación	Estado Actual	Actividad Minera	Símbolo	Puntaje	Área de Afectación
<b>EM00</b>	-----	-----					SEM	0,0	11166
<b>EM01</b>	Ilegales	Vía Taganga	Filita de Taganga (grava, gravilla)	Manual	Activa Urbanizada	Extractiva	AUe	8.0	7,55
<b>EM02</b>	Ilegales	Alto las Delicias, Divino Niño, Miguel Pinedo, Bastidas.	Esquistos (grava, gravilla)	Manual	Activa Urbanizada	Extractiva	AUe	8.0	43,36
<b>EM03</b>	Ilegales	Chimila, Fundadores	Cuaternario de Flujo (arena)	Manual	Activa No Urbanizada	Extractiva Transformadora	ANet	6.0	20,50
<b>EM04</b>	Ilegales	Cerro la Tres Cruces	Batolito (grava, gravilla)	Manual, Mecánico	Activa Urbanizada	Extractiva	AUe	8.0	10,40
<b>EM05</b>	Ilegales	Cerro la Tres Cruces	Rocas ígneas (Magnetita)	Manual, Mecánico	Activa Urbanizada	Extractiva	AUe	8.0	2,34
<b>EM06</b>	Esperanza	Parte alta Urb. el Cisne	Batolito (grava, gravilla)	Maquinaria	Activa No Urbanizada	Extractiva	ANe	0.0	80,74
<b>EM07</b>	Ilegales	Tayrona	Esquisto con intrusiones de cuarzo (grava, gravilla)	Manual	Activa No Urbanizada	Extractiva	ANe	0.0	20,75
<b>EM08</b>	Ilegales	Garagoa	Cuaternario de Flujo (arena)	Manual	Activa No Urbanizada	Extractiva	ANe	0.0	12,92
<b>EM09</b>	Veracruz	Veracruz	Batolito (grava, gravilla)	Maquinaria	Activa Recreacional	Extractiva	ARe	2.0	14,71

ID	Nombre	Ubicación	Tipo de Material Extraído	Método de Explotación	Estado Actual	Actividad Minera	Símbolo	Puntaje	Área de Afectación
<b>EM10</b>	Calderón	Cerro San Pablo, Manzanares	Batolito (grava, gravilla), instrucción de cuarzo	Explosivo y trituración mecánica	Abandonada Urbanizada	Extractiva Transformadora	IUet	50,0	16,51
<b>EM11</b>	Marmolete	Cerro San Pablo, detrás del Centro Vacacional los Trupillo	Batolito (grava, gravilla), instrucción de cuarzo	Explosivo y trituración mecánica	Abandonada	Extractiva Transformadora	IUet	50,0	9,71
<b>EM12</b>	Ilegales	Vía Rodadero	Batolito (grava, gravilla)	Manual	Activa No Urbanizada	Extractiva	ANe	0.0	8,77
<b>EM13</b>	Ilegales	Pando, Mariaeugenia, 1° de Mayo	Batolito (grava, gravilla)	Manual	Activa Urbanizada	Extractiva	AUe	8.0	26,39
<b>EM14</b>	Tritupisvar	Frente del SENA agropecuario, vía Gaira	Batolito (grava, gravilla)	Maquinaria	Activa No Urbanizada	Extractiva	ANe	0.0	17,22
<b>EM15</b>	Ilegales	Cerro la Gloria	Batolito (grava, gravilla)	Maquinaria	Activa No Urbanizada	Extractiva	ANe	0.0	50,38
<b>EM16</b>	Ilegales	Vía UNIMAG	Cuaternario de Terraza Aluvial (arcilla)	Manual	Activa Urbanizada	Extractiva Transformadora	AUet	28.0	8,90
<b>EM17</b>	Ilegales	Vía Gaira	Batolito (Magnetita)	Maquinaria	Activa No Urbanizada	Extractiva	ANe	0.0	15,50

**Ejemplo:** una explotación minera inactiva urbanizada extractiva transformadora tendría el siguiente símbolo: **IUte**.

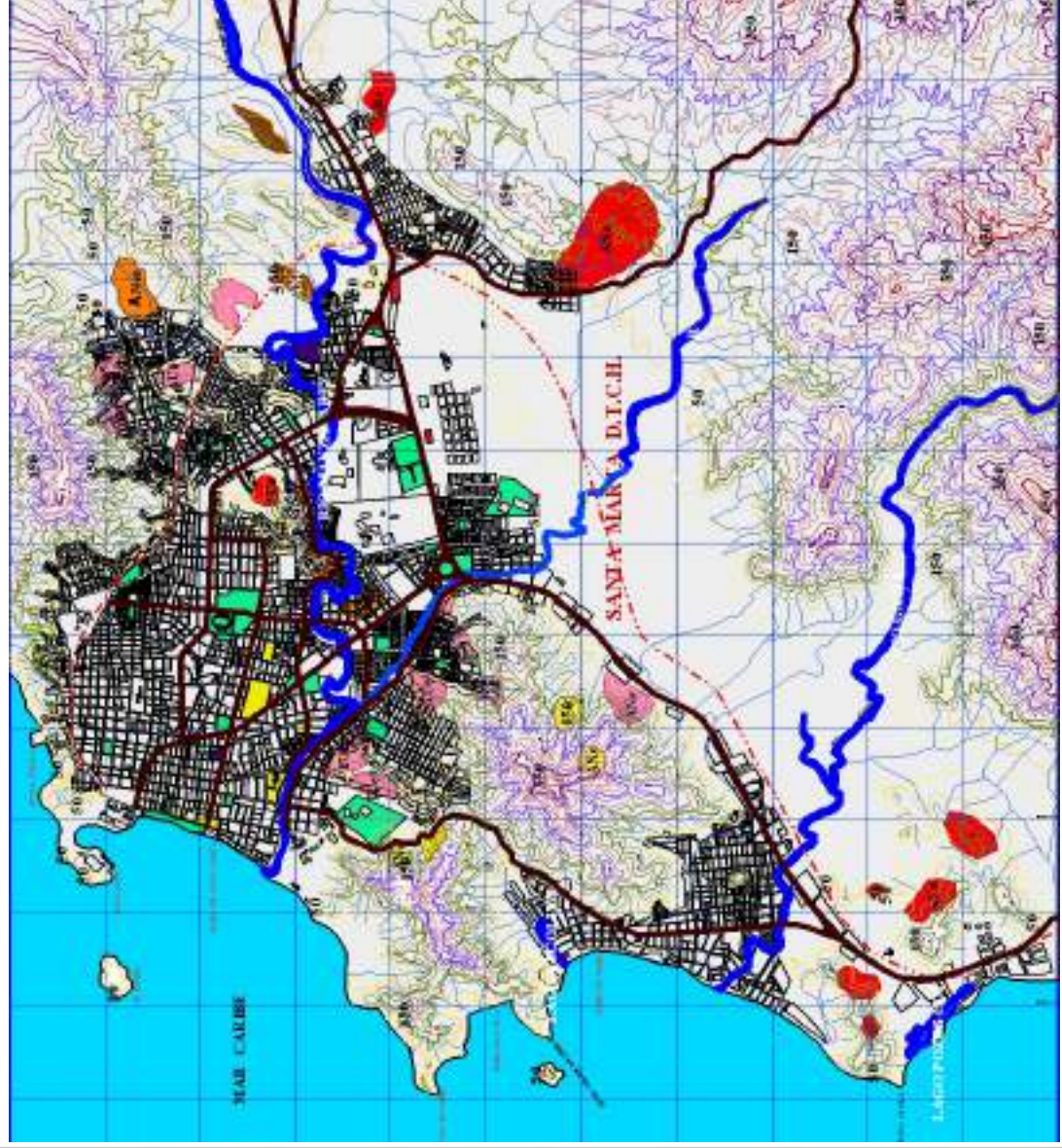
En la Tabla 35 se expone la matriz de valoración para Explotaciones Mineras según la metodología utilizada.

Tabla 35. Matriz de Valoración de Actividad Minera.

Estado Actual Actividad Minera	ACTIVA (A)			OCASIONAL (O)			ABANDONADA (I)		
	Urb. (U)	No Urb. (N)	Recreación / Botadero (R)	Urb. (U)	No Urb. (N)	Recreación / Botadero (R)	Urb. (U)	No Urb. (N)	Recreación / Botadero (R)
<b>Extractiva (e)</b>	AUe = 4	ANe = 0	ARe = 2	OUE = 5	ONE = 1	ORE = 3	IUe = 7	INe = 3	IRE = 5
<b>Transformadora (t)</b>	AUt = 5	ANt = 1	ARt = 3	OUt = 6	ONt = 2	ORt = 4	IUt = 8	INt = 4	IRt = 6
<b>Extractiva-Transformadora (et)</b>	AUet = 7	ANet = 3	ARet = 5	OUet = 8	ONet = 4	ORet = 6	IUet = 10	INet = 6	IRet = 8

Los símbolos utilizados definen en las dos primeras letras el estado actual y las dos últimas el tipo de actividad minera. De acuerdo con los niveles de afectación para cada unidad se establece la matriz de decisión donde el puntaje máximo es 10, que corresponde a un área de explotación minera abandonada urbanizada extractiva transformadora (**IUet**) y el valor 0 a las activas sin urbanizar extractivas (**ANe**). El mapa temático se encuentra en la figura 23.

# MAPA TEMÁTICO (PARAMETRO EM)



## CONVENCIONES TOPOGRAFICAS

Drenaje	Abc
Curva de Nivel	Abc
Río, Quebrada	Abc
Línea Fensa	Abc
Vías Principales	Abc
Manzana, Cuadra	Abc
Laguna	Abc
Parque, Zona Verde	Abc
Cementerio	Abc
Estación de Servicio	Abc
Entidades Indispensables	Abc

## LEYENDA

Extracción de Agregado en Esquistos	Abc
Extracción de Agregado en Basalto	Abc
Extracción de Agregado en Rilla de Taganga	Abc
Extracción de Arcilla	Abc
Extracción de Arena	Abc
Extracción de Agregado en Roca metamorfoica ignea	Abc
Extracción de Magnesita	Abc

UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA  
SANTAMARTA D.T.C.H.

Contiene:

MAPA TEMÁTICO DEL PARAMETRO  
EM

Diseño y Dibujo:

Vladimir Arreaga Q. Freddy Mazonetti G.

Escala:

1 : 80,000

Plano:

9 de 16

Observaciones:

Zonificación de Amenazas Geológicas Potenciales del  
Caso Urbano del Distrito de Santa Marta

➤ **Suministro de Agua Potable (AP).** La empresa de Acueducto, METROAGUA, tiene como área de prestación de servicios públicos la que se encuentra por debajo de la cota 50 msnm. Algunos de los barrios o viviendas que se encuentran en proceso de legalización o de consolidación se encuentran fuera de esta área, abasteciéndose de agua potable a través de carro tanques, manantiales y conexiones clandestinas a la red matriz; incluso existen barrios que tienen la acometida de la red de agua potable pero sin líquido (p. ej. Barrio San Jorge, San Fernando, Alfonso López, 17 de Julio, Los Fundadores).

La cartografía de este tema se realizó con base en la información existente del mapa formato papel (Actualizado) de las redes de agua potable de la empresa METROAGUA y del trabajo de campo realizado en la etapa de recolección de información. Con esta información se digitalizó el mapa temático base de las redes de suministro de agua potable del área de estudio.

La determinación de las diferentes áreas se basó en los siguientes criterios: existencias de redes de agua potable, tipos de redes y densidad de redes. Se establecieron cinco (5) unidades que definen zonas de diferentes características en las redes y diferente forma de adquisición de agua potable. El orden de exposición de las áreas va de acuerdo al grado de afectación, de mayor a menor; las áreas son:

- ❖ ***Zonas urbanas de uso principalmente residencial con redes de acueducto comunitario (Zaac).*** De alta densidad de redes, que por sus condiciones técnicas deficientes, tienen muy alta probabilidad de sufrir rupturas y/o fugas.
- ❖ ***Zonas urbanas de uso principalmente residencial con redes de acueducto oficial. (Zaof).*** De alta densidad de redes, que por sus condiciones técnicas tienen mediana probabilidad de sufrir rupturas y/o fugas.
- ❖ ***Zonas urbanas de uso diferente al residencial con redes de acueducto oficial (Zanr).*** De baja densidad de redes, que por sus condiciones técnicas tiene mediana probabilidad de sufrir rupturas y/o fugas.

- ❖ **Zonas de uso principalmente residencial sin redes de acueducto (Zasa).** Donde el abastecimiento se hace a través de carro tanques. Tanto en el almacenamiento como en la distribución hay pérdidas que mantienen húmedas estas áreas.
- ❖ **Zonas rurales y zonas urbanas de reserva forestal que no poseen red de acueducto (Zar).** Sin posibilidad de filtraciones por fugas.

En la Tabla 36 se expone la calificación de las diferentes unidades según la metodología utilizada y en la tabla 37 su descripción. La figura 24 muestra el mapa temático de este parámetro de evaluación.

Tabla 36. Cualificación de las áreas de suministro de agua potable.

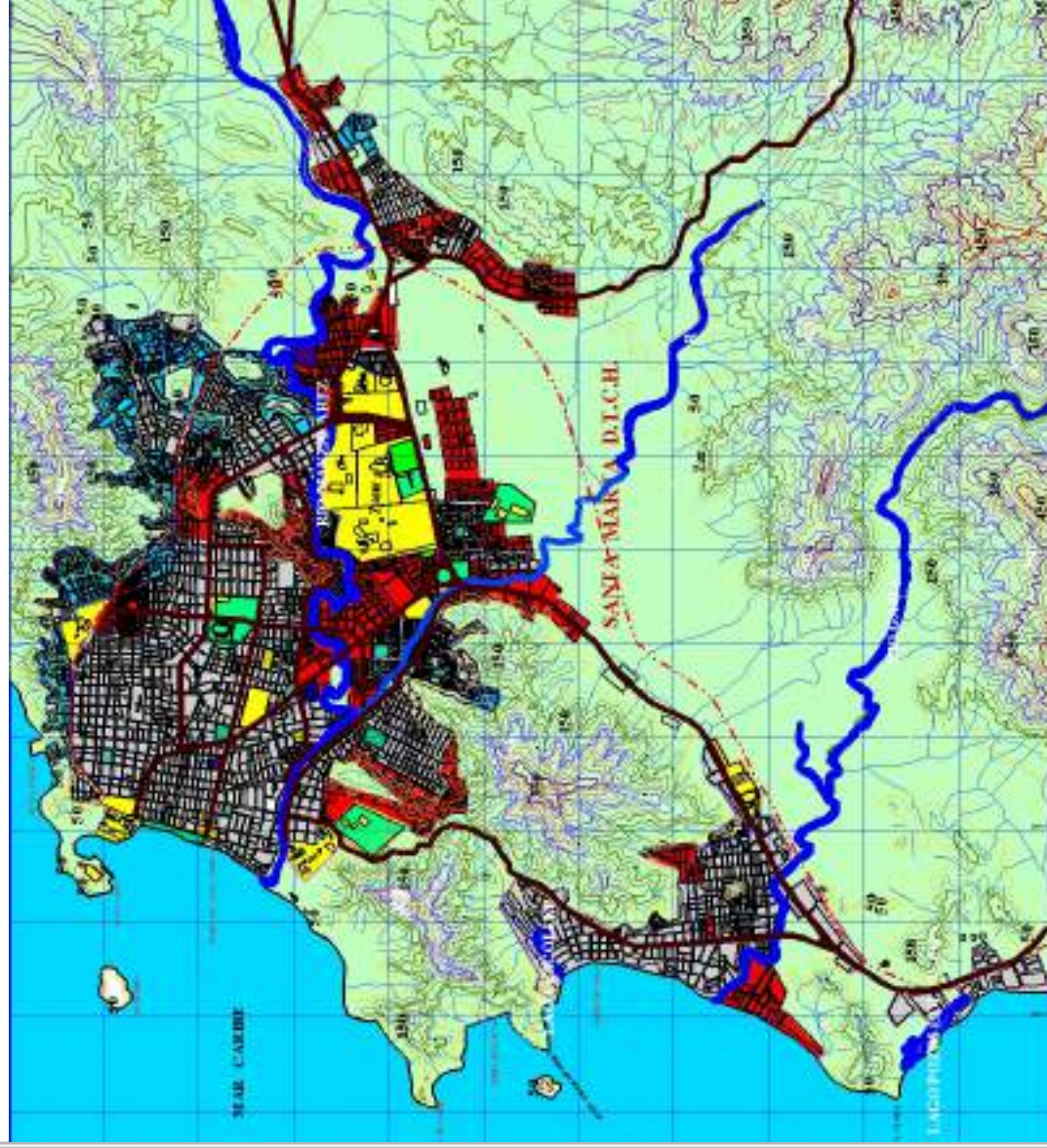
SÍMBOLO	CUALIFICACIÓN
Zaac	10
Zaof	6
Zanr	4
Zasa	2
Zar	0

Tabla 37. Característica del Parámetro de Suministro de Agua Potable

ID	SIMBOLO	AREA (Ha)	DESCRIPCION	PUNTAJE
AP1	Zaac	643,8	Zonas urbanas de uso principalmente residencial con redes de acueducto comunitario	10,0
AP2	Zaof	1561,3	Zonas urbanas de uso principalmente residencial con redes de acueducto oficial	4,8
AP3	Zanr	339,1	Zonas urbanas de uso diferente al residencial con redes de acueducto oficial	2,4
AP4	Zasa	253,9	Zonas de uso principalmente residencial sin redes de acueducto	1,3
AP5	Zar	8728,5	Zonas rurales y zonas urbanas de reserva forestal que no poseen red de acueducto	0,0



# MAPA TEMÁTICO (PARAMETRO AP)



## CONVENCIONES TOPOGRAFICAS

	Drenaje
	Curva de Nivel
	Río, Quebrada
	Línea Férrea
	Vías Principales
	Manzana, Candra
	Laguna
	Parque, Zona Verde
	Cementerio
	Estación de Servicio
	Entidades Indispensables

## LEYENDA

	Zonas Urbanas de uso principalmente residencial con Redes de Acueducto Comunitario
	Zonas Urbanas de uso principalmente residencial con Redes de Acueducto Oficial
	Zonas Urbanas de uso Diferente al residencial con Redes de Acueducto Oficial
	Zonas de uso principalmente residencial Sin Redes de Acueducto
	Zonas Rurales y Zonas Urbanas de reserva forestal que no poseen Red Acueducto

## UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA

SANTAMARÍA D.T.C.H.

Coordenadas: MAPA TEMÁTICO DEL PARAMETRO AP

Título y Autor: Vladimir Amador Q. Escobar Monasterio C.

Escala: 1:20,000

Fecha: 10 de 16

Observaciones:

Zonificación de Áreas de Protección Ambiental del Centro Urbano del Estado de Santa María

➤ **Recolección de Aguas Sanitarias (AS).** El proceso de urbanización trae consigo un volumen adicional de agua proveniente de las actividades básicas de los humanos (aseo y alimentación) cuya disposición varía de acuerdo a la capacidad adquisitiva de los pobladores. En sociedades donde este nivel es alto, las aguas servidas no representan un problema mayor para la inestabilidad de los taludes y para el medio ambiente.

Las áreas en procesos de consolidación se encuentran bien demarcadas, generalmente ocupando las zonas exteriores de las áreas de mayor consolidados y con una mejor calidad de vida. En las áreas habitadas que no se encuentran dentro del casco urbano, el manejo de las aguas servidas depende del nivel de organización de las comunidades.

Es frecuente la existencia de barrios con alcantarillado comunitario colindando con barrios sin ningún manejo de las aguas servidas.

En las zonas donde no existen redes de alcantarillado, las aguas corren libremente alcanzando las partes bajas o vertiéndose en la parte superior de las laderas de los cauces y en los cortes de explotación y de vías, saturando los suelos, erosionando los materiales y creando presiones en los macizos rocosos.

Las redes de alcantarillado oficial se ven constantemente afectadas por el alto grado de sedimentación de las áreas sin cobertura vegetal (explotaciones mineras y zonas urbanizadas sin pavimentar), por lo cual se taponan e impiden la evacuación de las aguas, incluso se presenta refluo en algunas áreas.

Los criterios utilizados para definir las unidades de trabajo para el alcantarillado sanitario fueron: existencia de redes, tipos de redes y densidad de redes. Se establecieron cinco (5) unidades, las cuales se exponen en orden de mayor a menor afectación sobre el área de estudio:

- ❖ ***Zonas urbanas de uso principalmente residencial sin redes de alcantarillado (Zsus).*** En las cuales las aguas servidas corren libremente
- ❖ ***Zonas urbanas de uso principalmente residencial con redes de alcantarillado comunal (Zusc).*** Que por sus condiciones técnicas deficientes pueden presentar una alta probabilidad de sufrir rupturas o filtraciones.



- ❖ **Zonas urbanas de uso principalmente residencial con redes de alcantarillado oficial (Zsof).** Que por sus condiciones técnicas presentan una probabilidad baja de sufrir rupturas o infiltraciones.
- ❖ **Zonas urbanas de uso diferente al residencial (institucional, Recreacional) (Zsnr).** Con red de alcantarillado oficial o comunitario.
- ❖ **Zonas rurales o zonas urbanas de reserva forestal sin red de alcantarillado (Zsr).**

En la tabla 38 se expone la calificación de las diferentes unidades según la metodología utilizada, y la tabla 39 se presenta las descripciones de este parámetro. La figura 25 muestra el mapa temático de este parámetro

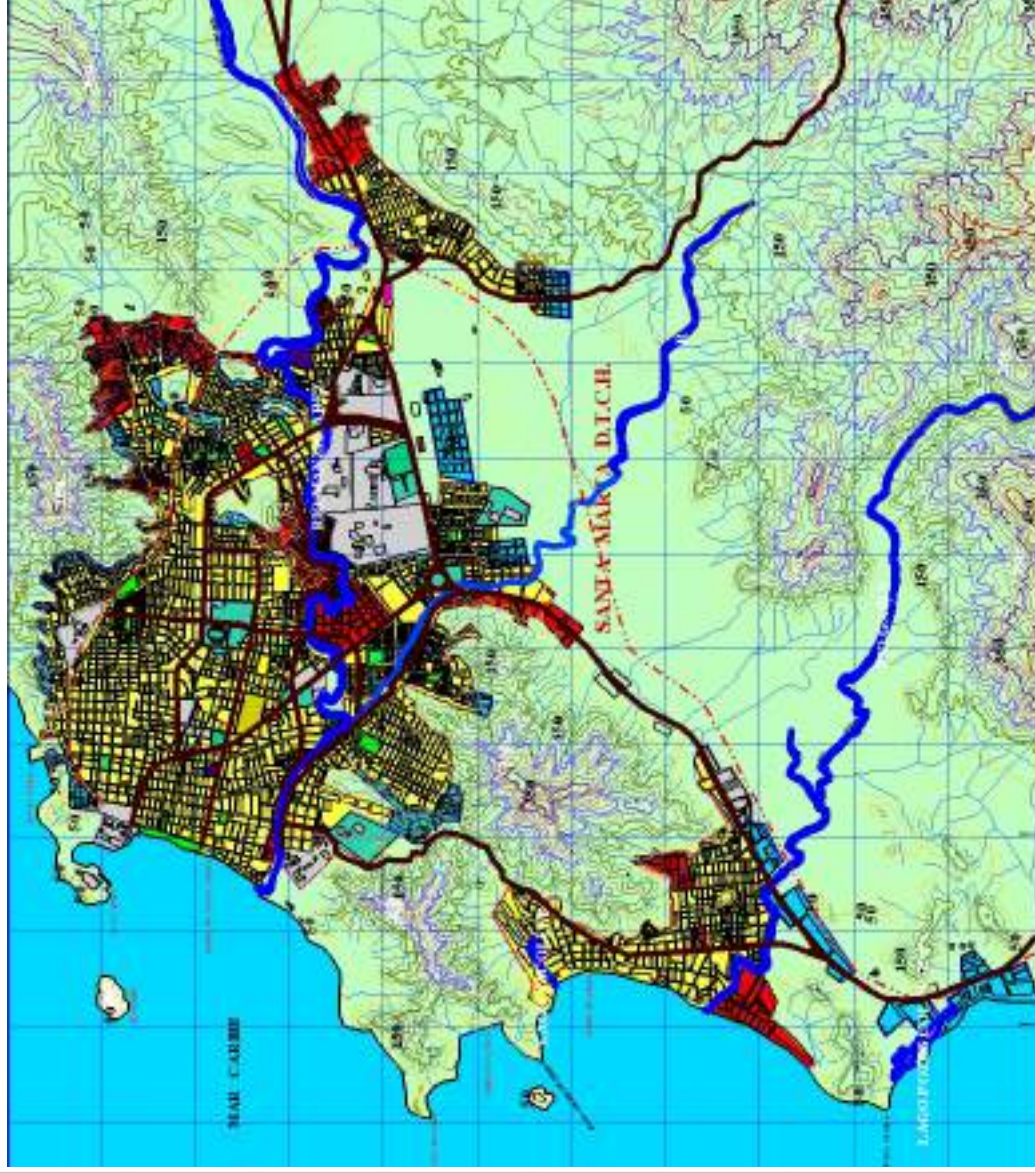
Tabla 38. Cualificación de las Áreas de Recolección de Aguas Sanitarias.

SÍMBOLO	CUALIFICACIÓN
Zsus	10
Zusc	8
Zsof	5
Zsnr	4
Zsr	0

Tabla 39. Descripción del parámetro de Recolección de Aguas Sanitarias

ID	SÍMBOLO	ÁREA	DESCRIPCIÓN	PUNTAJE
AS1	Zsus	353,56	Zonas urbanas de uso principalmente residencial sin redes de alcantarillado	25,0
AS2	Zusc	245,94	Zonas urbanas de uso principalmente residencial con redes de alcantarillado comunal	16,0
AS3	Zsof	1845,29	Zonas urbanas de uso principalmente residencial con redes de alcantarillado oficial	7,5
AS4	Zsnr	359,13	Zonas urbanas de uso diferente al residencial (Institucional, Recreacional e Industrial)	4,0
AS5	Zsr	8733,98	Zonas rurales o zonas urbanas de reserva forestal sin red de alcantarillado	0,0

# MAPA TEMÁTICO (PARAMETRO AS)



## CONVENCIONES TOPOGRAFICAS

	Drainaje
	Curva de Nivel
	Río, Quebrada
	Línea Férrea
	Vías Principales
	Manzana, Cuadra
	Laguna
	Parque, Zona Verde
	Cementerio
	Estación de Servicio
	Entidades Indispensables

## LEYENDA

	Zonas Urbanas de alto riesgo geológico residencial San Felipe de Acandamari
	Zonas Urbanas de alto riesgo geológico residencial con flujos de Acandamari
	Zonas Urbanas de alto riesgo geológico residencial con flujos de Acandamari
	Zonas Urbanas de alto riesgo geológico residencial (Institucional y Recreacional)
	Zonas Fluviales y Zonas Urbanas de recreación Fluvial que no poseen Red Acandamari

UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA  
SANTAMARTA D.T.C.H.

Contiene:  
MAPA TEMÁTICO DEL PARÁMETRO  
AS

Diseño y Dibujo:  
Vladimir Arenas Q, Freddy Marenco C.

Escala: 1 : 80.000 Plano: 11 de 16

Observaciones:

Zonificación de Amenazas Geológicas Potenciales del  
Casco Urbano del Distrito de Santa Marta

- **Vías (VI).** En las áreas urbanas, el volumen de las aguas lluvias que se infiltran está estrechamente relacionada con la pendiente del terreno y la densidad y condición de las vías existentes.

Los procesos de urbanización reducen a las vías el área sobre el cual las aguas de escorrentía corren libremente: en zonas donde las vías están pavimentadas la infiltración tiende a cero (0) (vías en buen estado) y en las vías donde están sin pavimentar el mayor volumen de infiltración se presenta en las áreas donde se reduce la pendiente topográfica; en las zonas de mayor pendiente el agua principalmente escurre sobre las superficies desnudas, erodándolas. En las zonas urbanas se incluyen áreas de diferentes usos (recreativo, industrial, actividad minera, reserva forestal, institucional) que por la disposición de su espacio particular, hacen que las áreas verdes sean mayores y la densidad de la malla vial sea menor y por lo tanto el área de concentración de las aguas lluvias en estas áreas es menor sobre las vías, por la existencia de áreas verdes sin cobertura.

Los criterios utilizados fueron el uso actual del suelo y el porcentaje de vías pavimentadas. Se determinaron las siguientes cinco (5) unidades de zonas de tipos de vías, que se exponen en orden de mayor a menor grado de afectación.

- ❖ ***Zonas urbanas de uso principalmente residencial, donde el 80 % o más de las vías se encuentran sin pavimentar. (Zvrs).*** Las aguas lluvias se concentran ocasionando erosión intensa sobre las vías en las áreas de pendientes altas e infiltración en las áreas de cambios de pendiente (de mayor a menor pendiente).
- ❖ ***Zonas urbanas de uso diferente al residencial, donde más del 80% de las vías se encuentran sin pavimentar (Zvns).*** La infiltración de las aguas lluvias depende del tipo de cobertura vegetal en las áreas diferentes a las vías y un pequeño volumen de infiltración se produce sobre las vías en las áreas de pendientes altas e infiltración en las áreas de cambios de pendiente (de mayor a menor pendiente).
- ❖ ***Zonas urbanas de uso diferente al residencial, donde menos del 20% de las vías se encuentran sin pavimentar (Zvnp).*** La infiltración de las aguas lluvias depende del tipo de cobertura vegetal en las áreas diferentes

a las vías. Se consideraron dentro de esta unidad como vías pavimentadas aquellas peatonales.

❖ **Zonas urbanas de uso principalmente residencial, donde menos del 20% de las vías se encuentran sin pavimentar (Zvrp).** Las aguas lluvias se concentran sobre las vías evacuándose a través del alcantarillado sanitario y/o lluvias. La erosión y la infiltración tienden a ser nulos, se consideran las vías en buen estado.

❖ **Zonas rurales (Zvr).** La evacuación de las aguas lluvias se hace principalmente a través de los cauces naturales.

En la Tabla 40 se expone la calificación de las diferentes unidades según la metodología utilizada y en la Tabla 41 sus descripciones. En la figura 26 se muestra el mapa temático de este parámetro.

Tabla 40. Cualificación del Estado de las Vías.

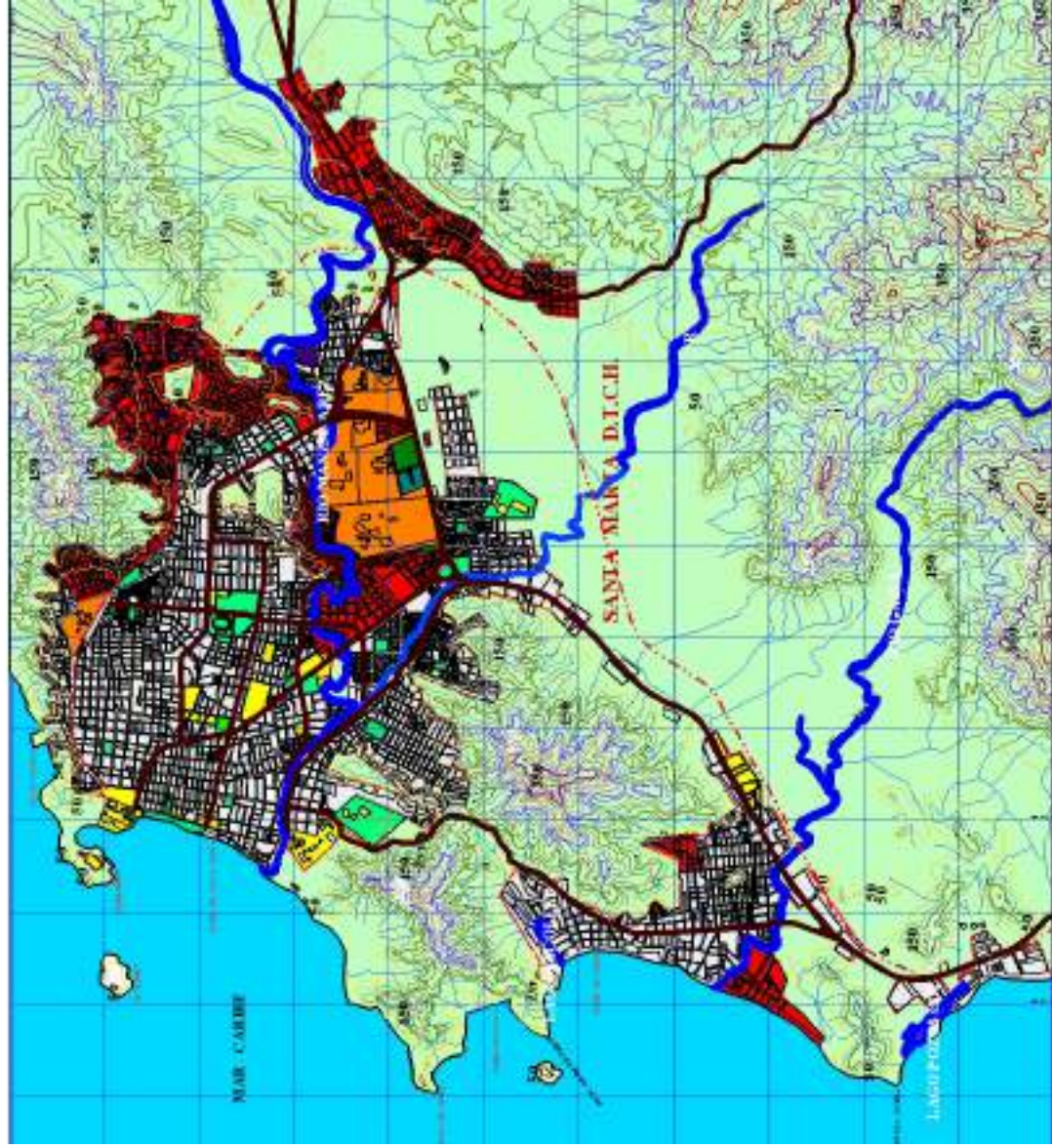
SÍMBOLO	CUALIFICACIÓN
Zvrs	10
Zvns	8
Zvnp	6
Zvrp	2
Zvr	0

Tabla 41. Descripción del parámetro de Vía (VI)

ID	Símbolo	Descripción	Área	Perímetro	PUNTAJE
VI5	Zvr	Zonas urbanas de uso principalmente residencial, donde el 80 % o más de las vías se encuentran sin pavimentar.	8734,0	118421,1	0,0
VI2	Zvns	Zonas urbanas de uso diferente al residencial, donde más del 80% de las vías se encuentran sin pavimentar.	185,9	8756,0	8,0
VI3	Zvnp	Zonas urbanas de uso diferente al residencial, donde menos del 20% de las vías se encuentran sin pavimentar.	173,2	20442,1	4,5
VI4	Zvrp	Zonas urbanas de uso principalmente residencial, donde menos del 20 % de las vías se encuentran sin pavimentar.	1769,8	75840,6	1,0
VI1	Zvrs	Zonas rurales.	698,1	43410,7	12,5



# MAPA TEMÁTICO (PARÁMETRO VI)



## CONVENCIONES TOPOGRÁFICAS

- Drenaje
- Curva de Nivel
- Río, Quebrada
- Línea Fensa
- Vías Principales
- Manzana, Cuadra
- Laguna
- Parque, Zona Verde
- Cementerio
- Estación de Servicio
- Entidades Indispensables

## LEYENDA

- Zona Urbana de alto potencial de riesgo, donde más del 80% de las edificaciones son de tipo precario.
- Zona Urbana de alto potencial de riesgo, donde más del 60% de las edificaciones son de tipo precario.
- Zona Urbana de alto potencial de riesgo, donde más del 40% de las edificaciones son de tipo precario.
- Zona Urbana de alto potencial de riesgo, donde más del 20% de las edificaciones son de tipo precario.
- Zona Urbana de alto potencial de riesgo, donde más del 10% de las edificaciones son de tipo precario.
- Zona Urbana de alto potencial de riesgo, donde más del 5% de las edificaciones son de tipo precario.

UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA  
SANTAMARÍA D.T.C.H.

Contiene:  
MAPA TEMÁTICO DEL PARÁMETRO VI  
Diseño y Dibujo:  
Vladimir Arenas Q. Freddy Marenetti G.

Escala: 1 : 80,000  
Plano: 12 de 16

Observaciones:

Zonificación de Amenazas Geológicas Potenciales del  
Casco Urbano del Distrito de Santa Marta

➤ **RONDAS (RH).** La intervención de las rondas de las quebradas, en forma parcial o total, modifica el drenaje creando empozamientos y áreas húmedas, reduce la capacidad hidráulica e intensifica la socavación. Para evaluar este parámetro se llevó a cabo el siguiente procedimiento: Con el mapa de “vegetación” se separaron las áreas de bosques, rastrojo alto y pastos, que se encuentran en las zonas no urbanizadas. La información del inventario de obstrucciones actuales permitió separar las rondas intervenidas por viviendas o estructuras de las intervenidas por rellenos. También se clasificó según su uso y cobertura.

Las rondas fueron clasificadas según el tipo de intervención y el uso y cobertura vegetal, presentándose cuatro (4) unidades, en orden de mayor a menor grado de intervención.

- ❖ **Ro.** Obstrucción del cauce de las quebradas por botaderos de basura, estériles de minería y desechos de construcción. **Intervención Muy alta.**
- ❖ **Ri.** Invasión de la ronda y el cauce de las quebradas para uso residencial, recreativo, minero, vial e institucional. **Intervención Alta.**
- ❖ **Ru.** Rondas y cauces moderadamente intervenidos por botaderos, en áreas urbanas de uso diferente al residencial. **Intervención Media.**
- ❖ **Rb.** Rondas y cauces de las quebradas poco intervenidas en áreas rurales cubiertas de bosques, rastrojo alto y pastos. **Intervención Baja.**

En la tabla 42 se expone la calificación de las diferentes unidades según la metodología utilizada y en la tabla 43 las descripciones. La figura 27 muestra el mapa temático de este parámetro.

Tabla 42. Cualificación de las Áreas de Intervención de Rondas.

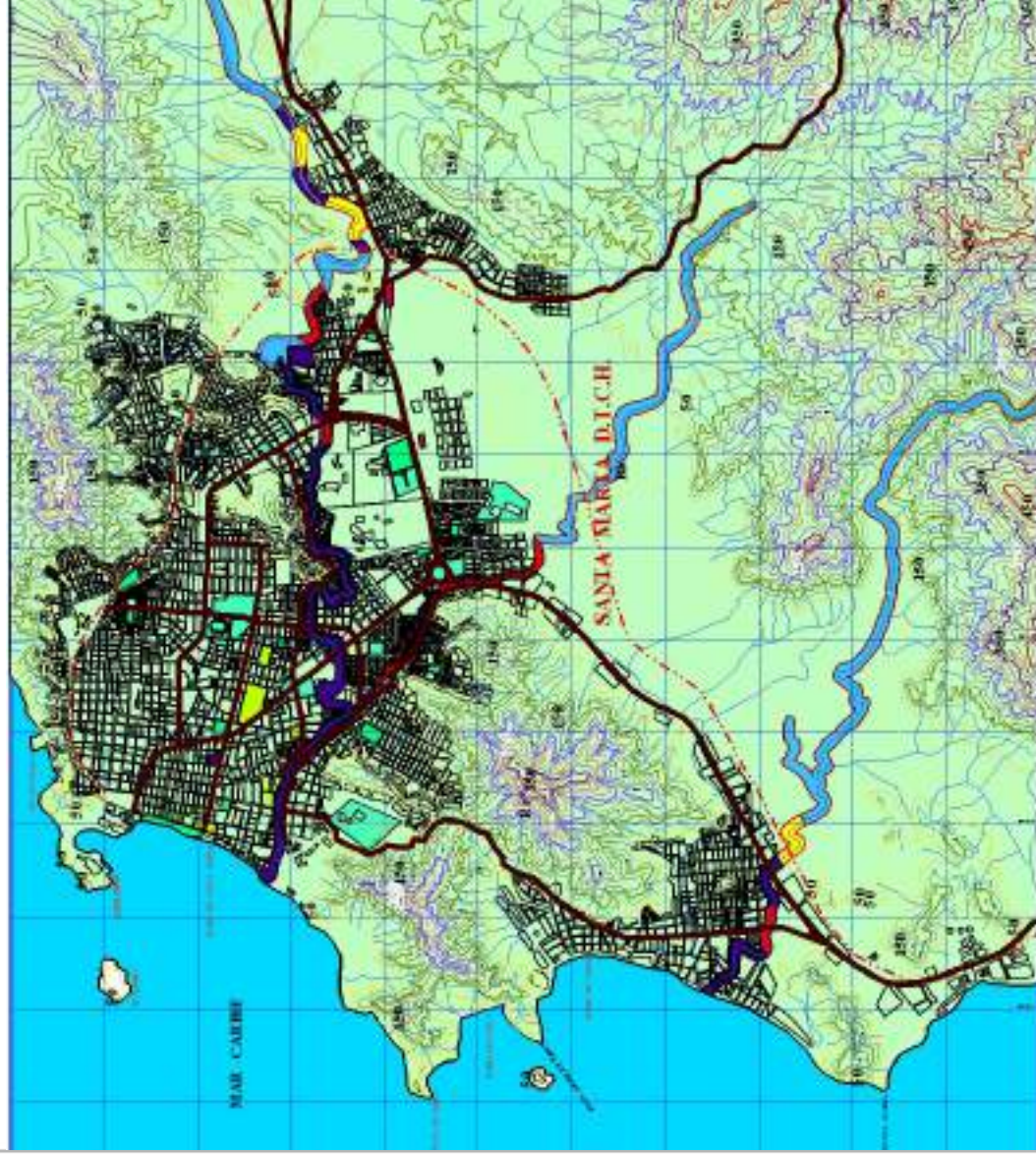
SÍMBOLO	CUALIFICACIÓN
Ro	10
Ri	8
Ru	4
Rb	1

Tabla 43. Descripción del parámetro de Ronda (RH)

ID	Simbología	Características	Intervención	AREA (Ha)	PUNTAJE
RH1	Ro	Obstrucción del Cauce de la Quebrada por Botadero de Basura	Muy Alta	132,2	16,7
RH2	Ri	Invasión de la Ronda y del Cauce de las Quebrada para uso Residencial, Recreativo, Minero, Vial e Institucional	Alta	40,3	10,7
RH3	Ru	Rondas y Cauces Moderadamente intervenido por Botadero, en Áreas urbanas de uso diferente al residencial	Media	23,7	4,0
RH4	Rb	Rondas y Cauces de la Quebrada poco intervenida en áreas rurales cubiertas de bosques, rastrojo alto y pastos	Baja	202,8	1,0
RH5	Rs	Sin Ronda Hidráulica	Ninguna	11133,7	0,0



# MAPA TEMÁTICO (PARÁMETRO RH)



## CONVENCIONES TOPOGRÁFICAS

- Drenaje
- Curva de Nivel
- Río, Quebrada
- Línea Fierrea
- Vías Principales
- Manzana, Candra
- Laguna
- Parque, Zona Verde
- Cementerio
- Estación de Servicio
- Entidades Indispensables

## LEYENDA

- R0 - Intervención Muy Alta
- RI - Intervención Alta
- Ru - Intervención media
- Rh - Intervención Baja
- Rs - Sin Ronda Hidráulica

UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA  
SANTAMARTAD.T.C.H.

Contiene:

MAPA TEMÁTICO DEL PARÁMETRO  
RH

Diseño y Dibujo:

Vladimir Arenas Q. Freddy Marenetti G.

Escala:

1 : 80.000

Plano:

13 de 16

Observaciones:

Zonificación de Amenazas Geológicas Potenciales del  
Casco Urbano del Distrito de Santa Marta



## 14.2 CUALIFICACIÓN DEL PARÁMETRO FACTOR ANTRÓPICO

Teniendo en cuenta el grado de severidad de las diferentes actividades humanas sobre el medio físico se planteó el siguiente orden de prioridades:

- ❖ Explotaciones mineras.
- ❖ Recolección de aguas servidas.
- ❖ Intervención de rondas y cauces.
- ❖ Estado de las vías.
- ❖ Suministro de agua potable.

Y se aplicó una matriz de decisión (Tabla 44), de la cual se obtuvo un puntaje por unidad cartografiada de cada parámetro (EM, AP, AS, VI y RO), convirtiendo las tablas de cualificación (Tablas 35, 36, 38, 40 y 42) en las Tablas, 45, 46, 47, 48 y 49. De acuerdo a las tablas de cualificación convertidas le asignamos valores a las unidades cartografiadas de cada mapa temático base. La superposición de los 5 mapas temáticos bases del Factor Antrópico produjo un mapa temático preliminar con aproximadamente 1000 polígonos, con una variación del puntaje entre 0 y 78.00. Según la Evaluación Semicuantitativa de Estabilidad (SES) y el grado de prioridad de afectación a la ladera de este parámetro (Factor Antrópico) se definió un puntaje máximo de 30 puntos, que corresponde a sectores con muy baja a nula intervención del hombre sobre la estabilidad y un puntaje mínimo de 1 punto, que corresponde a sectores donde la intervención del hombre sobre la estabilidad de la ladera es muy alta, para ello se hizo una conversión del puntaje anterior estableciéndose los intervalos mostrados en la Tabla 50.

Tabla 44. Matriz de Decisión

	EXPLOTACIONES MINERAS	RECOLECCION DE AGUAS SANITARIAS	INTERVENCION DE RONDAS	ESTADO ACTUAL DE LAS VÍAS	SUMINISTRO DE AGUA POTABLE
EXPLOTACIONES MINERAS	1	2	3	4	5
RECOLECCION DE AGUAS SANITARIAS	1/2	1	1.5	2	2.5
INTERVENCIÓN DE RONDAS	1/3	2/3	1	4/3	5/3
ESTADO ACTUAL DE LAS VÍAS	1/4	1/2	3/4	1	5/4
SUMINISTRO DE AGUA POTABLE	1/5	2/3	3/5	4/5	1

Tabla 45. Matriz de Valoración Convertida de Actividad Minera.

Estado Actual Actividad Minera	ACTIVA (A)			OCASIONAL (O)			ABANDONADA (I)		
	Urb. (U)	No Urb. (N)	Recreación / Botadero (R)	Urb. (U)	No Urb. (N)	Recreación / Botadero (R)	Urb. (U)	No Urb. (N)	Recreación / Botadero (R)
<b>Extractiva (e)</b>	AUe = 8	ANe = 0	ARe = 2	OUe = 15	ONe = 1	ORE = 6	IUe = 28	INe = 6	IRE = 15
<b>Transformadora (t)</b>	AUt = 15	ANt = 1	ARt = 6	OUt = 18	ONt = 2	ORt = 8	IUt = 32	INt = 8	IRt = 18
<b>Extractiva-Transformadora (et)</b>	AUet=28	ANet = 6	ARet = 15	OUet=32	ONet = 8	ORet = 18	IUet = 50	INet=18	IRet = 32

Tabla 46. Cualificación Convertida de las Áreas de Suministro de Agua Potable.

SÍMBOLO	CUALIFICACIÓN
<b>Zar</b>	0
<b>Zasa</b>	1.3
<b>Zanr</b>	2.4
<b>Zaof</b>	4.8
<b>Zaac</b>	10

Tabla 47. Cualificación Convertida de las Áreas de R. de Aguas Sanitarias.

	CUALIFICACIÓN
<b>Zsr</b>	0
<b>Zsnr</b>	4
<b>Zsof</b>	7.5
<b>Zusc</b>	16
<b>Zsus</b>	25

Tabla 48. Cualificación Convertida del Estado de las Vías.

SÍMBOLO	CUALIFICACIÓN
<b>Zvr</b>	0
<b>Zvrp</b>	1
<b>Zvnp</b>	4.5
<b>Zvns</b>	8
<b>Zvrs</b>	12.5

Tabla 49. Cualificación Convertida de las Áreas de Intervención de Rondas.

SÍMBOLO	CUALIFICACIÓN
Rb	1
Ru	4
Ri	10.7
Ro	16.7

Tabla 50. Intervalos del Grado de Afectación del Hombre Sobre la Estabilidad – (SES)

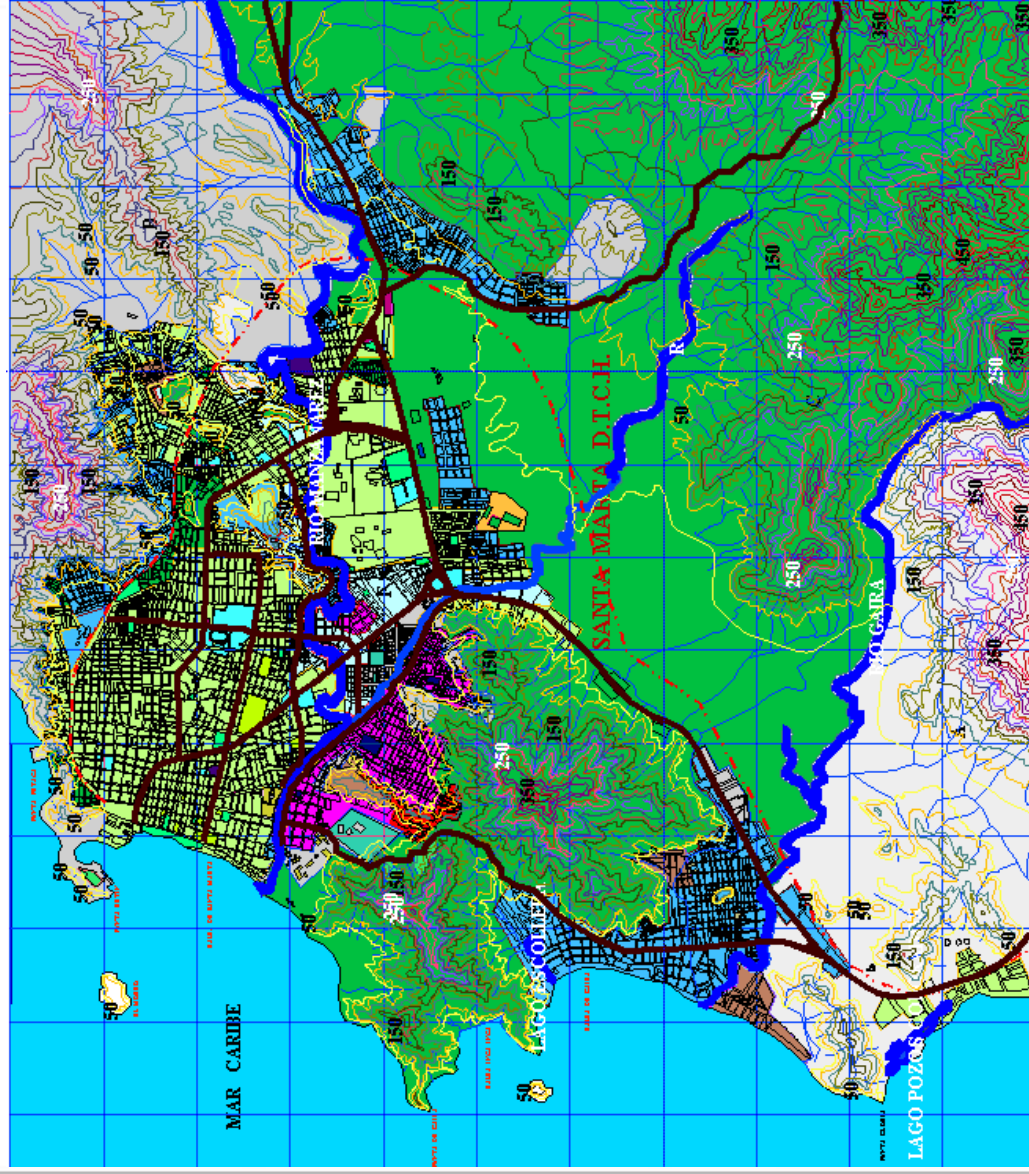
	INTERVALO	CUALIFICACION DE AFECTACIÓN	PUNTAJE DE ESTABILIDAD	IDENTIFICADOR
<b>1</b>	0.00 - 7.80	3.90	<b>30</b>	<b>A</b>
<b>2</b>	7.80 - 15.60	11.70	<b>26</b>	<b>B</b>
<b>3</b>	15.60 - 23.40	19.50	<b>22</b>	<b>C</b>
<b>4</b>	23.40 – 31.20	27.30	<b>18</b>	<b>D</b>
<b>5</b>	31.20 – 39.00	35.10	<b>14</b>	<b>E</b>
<b>6</b>	39.00 – 46.80	42.90	<b>10</b>	<b>F</b>
<b>7</b>	46.80 – 54.60	50.70	<b>6</b>	<b>G</b>
<b>8</b>	54.60 – 62.40	58.50	<b>4</b>	<b>H</b>
<b>9</b>	62.40 – 70.20	66.30	<b>2</b>	<b>I</b>
<b>10</b>	70.20 – 78.00	74.10	<b>1</b>	<b>J</b>

Con estos puntajes de estabilidad acordes a la Evaluación Semicuantitativa de Estabilidad (SES), se calificó el mapa temático preliminar, convirtiéndolo así en el mapa temático del parámetro A (Factor Antrópico) compatible con la metodología utilizada (SES), este mapa temático se presenta en la figura 28.

### 14.3 EVALUACIÓN DE ESTABILIDAD

La Evaluación Semicuantitativa de estabilidad se realizó a partir de la valoración de los parámetros de análisis diferentes como la agrupación según su naturaleza, de cada uno de los factores que intervienen en la estabilidad de una ladera establecidos de tal manera que permitan ser fácilmente cuantificables o fuesen susceptibles a ser calificados. El modelo de evaluación se realizó mediante cruces sistemáticos (superposición) de los mapas temáticos resultantes (mostrados anteriormente) de la valoración de las variables en términos de su contribución a la estabilidad. Se cartografiaron como bases topológicas con sus correspondientes bases de datos los siguientes parámetros:

# MAPA TEMÁTICO (PARAMETRO A)



**CONVENCIONES TOPOGRAFICAS**

	Drenaje
	Curva de Nivel
	Rio, Quebrada
	Línea Fierro
	Vías Principales
	Manzanas, Cuadriz
	Laguna
	Parque, Zona Verde
	Cementerio
	Estación de Servicio
	Entidades Indispensables

**LEYENDA A**

	J
	I
	H
	G
	F
	E
	D
	C
	B
	A

- (M): TIPO DE MATERIAL  
 (R): RELIEVE  
 (D): DRENAJE  
 (V): VEGETACIÓN  
 (E): EROSIÓN  
 (F): EVIDENCIAS DE FENÓMENOS DE ESTABILIDAD  
 (C): CLIMA  
 (S): SISMICIDAD  
 (A): FACTOR ANTRÓPICO

Con la modelación y superposición de estos parámetros se obtuvo el Mapa Preliminar de Susceptibilidad por Amenazas Geológicas Potenciales. La calificación de estabilidad fue el resultado de la sumatoria ponderada de los valores de estabilidad asignados a cada parámetro por medio del SIG. La metodología establece la correlación entre la calificación de estabilidad (CE) y la categoría de estabilidad, sin tener en cuenta el Factor Antrópico, por esta razón, se aumentó los intervalos de la calificación de estabilidad considerando el Factor Antrópico, resumiéndola en la Tabla 51.

Tabla 51. Correlación entre Categoría, Calificación y Clasificación de Estabilidad de Pendiente.

<b>Categoría de Estabilidad</b>	<b>Calificación de Estabilidad</b>
<b>I</b>	<b>&gt; 210</b>
<b>II</b>	<b>175 – 210</b>
<b>III</b>	<b>135 – 175</b>
<b>IV</b>	<b>100 – 135</b>
<b>V</b>	<b>60 – 100</b>
<b>VI</b>	<b>&lt; 60</b>

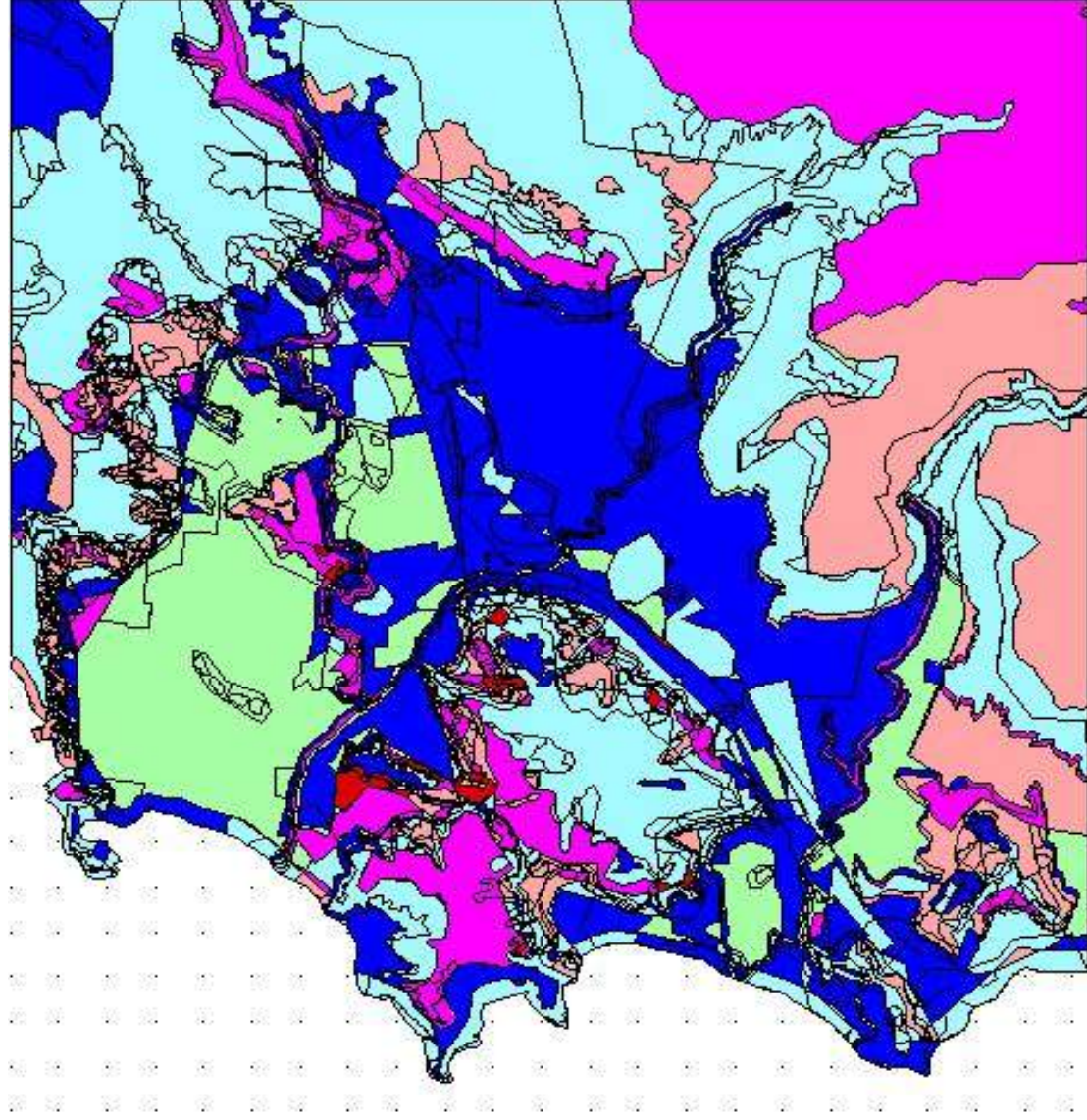
<b>MOPT-UN</b>	<b>CARACTERÍSTICAS</b>
<b>Clase VI</b>	Pendientes con deslizamientos activos, el material se presenta en continuo movimiento, los deslizamientos son recientes y bien definidos. Los procesos de inestabilidad pueden ser continuos o asociados a periodos lluviosos.
<b>Clase V</b>	Pendientes que presentan deslizamientos frecuentes o reactivación de deslizamiento antiguos. Los procesos de inestabilidad no son regulares y se asocian a eventos recurrentes con intervalos de varios años.
<b>Clase IV</b>	Pendientes con evidencia de deslizamientos y proceso de inestabilidad anteriores, pero que no han sufrido cambio en el tiempo histórico conocido. Las formas de erosión son evidentes aún.
<b>Clase III</b>	Pendiente con herencias morfodinámicas de deslizamientos antiguo que no han sufrido movimientos en el tiempo histórico conocido. Las formas de erosión no se conservan, se identifican los depósitos de los deslizamientos.
<b>Clase II</b>	Pendiente que no presentan evidencia de deslizamiento, pero se pueden desarrollar proceso de erosión y deslizamientos en el futuro.
<b>Clase I</b>	Pendiente que no presentan evidencia de inestabilidad y se consideran estables a través del análisis comparativo con otras pendiente.

Con base en esta correlación y la calibración hecha por medio de una visita de campo en el área de estudio, definimos e identificamos las categorías de estabilidad en el **Mapa Final de Susceptibilidad por Amenazas Geológicas Potenciales** (figura 29).

Teniendo este mapa se procedió a elaborar las conclusiones y recomendaciones pertinentes para que a las entidades involucradas con este tema, les sea de gran utilidad en la planificación de proyectos futuros y en la solución de algunos problemas sociales debido a la estabilidad de las laderas.



# MAPA DE SUSCETIBILIDAD POR AMENAZA GEOLÓGICA



## CONVENCIONES TOPOGRÁFICAS

	Drenaje
	Alce
	Curva de Nivel
	Río, Quebrada
	Línea Fensa
	Vías Principales
	Manzana, Cuadra
	Laguna
	Parque, Zona Verde
	Cementerio
	Estación de Servicio
	Entidades Indispensables

	CLASE VI
	CLASE V
	CLASE IV
	CLASE III
	CLASE II
	CLASE I

UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA  
SANTAMARTA D.T.C.H.

Contiene:  
MAPA DE SUSCETIBILIDAD POR  
AMENAZA GEOLÓGICA

Diseño y Dibujo:  
Vladimir Arenas O. Freddy Mazzeoni G.

Escala:  
1 : 80.000

Plano:  
15 de 16

Observaciones:

Zonificación de Amenazas Geológicas Potenciales del  
Casco Urbano del Distrito de Santa Marta

## 15. CONCLUSIONES

Se realizaron trece mapas temáticos que son: Tipo de Material, Relieve, Drenaje, Vegetación, Sísmicidad, Evidencia de Fenómenos Antiguos de Deslizamiento, Erosión, Clima y Factor Antrópico que contiene los siguientes mapas: Recolección de Agua Sanitaria, Suministro de Agua Potable, Vías, Rondas y Explotación Minera.

El mapa de tipo de material comprende tres factores; roca, material intermedio y suelo, con características presentadas en la tabla 25 (descripción del parámetro M). Se determinó con la superposición del mapa de **Caracterización Geotécnica** del proyecto de grado de los Ingenieros Civiles Edwin Cuello y Dense Fernández con el mapa **Geológico** elaborado por METROAGUA (ploteado). La roca predominante en el área de estudio es la roca ígnea (Batolito de Santa Marta, Tb) con resistencia mayor de  $2000 \text{ Kg/cm}^2$ , que está moderadamente fracturada o cizallada. El suelo del área de estudio está compuesto primordialmente por Arena-Limosa con espesor aproximado de 0 a 4 metros y densidad granular media.

El mapa temático de Relieve depende de dos factores: Pendiente del terreno para rangos de  $0-7^\circ$ ,  $7-15^\circ$ ,  $15-30^\circ$ ,  $30-45^\circ$  y  $>45^\circ$ , y perfil longitudinal del terreno de la forma cóncava, convexa y rectilíneos. La pendiente mas predominante es de  $0-7^\circ$  lo cual indica que el área de estudio se encuentra principalmente conformada por zonas planas (61%) de origen aluvial (depósitos transportados por el agua).

El mapa de Drenaje tiene en cuenta dos factores: Densidad de drenaje para los rangos de  $0-25 \text{ m/Ha}$  (baja),  $25-45 \text{ m/Ha}$  (media) y  $> 45 \text{ m/Ha}$  (alta) y pendiente promedio de Cauces para valores de  $0-5^\circ$  (baja),  $5-15^\circ$  (media) y  $>15^\circ$  (alta). En lo cual la densidad que mas se presenta en la zona media ( $25-45 \text{ m/Ha}$ ) y el rango de pendiente promedio de cauces es  $> 15^\circ$  (alta). Para el mapa de drenaje que es la superposición de estos dos factores la característica que mas se presenta es Densidad Media y Pendiente Media.

El mapa temático de Vegetación comprende dos parámetros: pendiente para rangos de  $0-15^\circ$ ,  $15-45^\circ$  y  $>45^\circ$  y tipo de vegetación ya sea Herbácea, Arbustiva o Arbórea. La zona de estudio se encuentra con un alto porcentaje de área sin vegetación con rango de pendiente predominante de  $0-15^\circ$ . El tipo de vegetación que mas se determina en el área es el arbustivo (rastroyo medio, cultivo permanente) lo cual se considera como Bosque tropical seco.



El mapa de Sísmicidad tiene en cuenta dos factores: perfil del suelo y coeficiente de aceleración (Aa), para la cual el tipo de perfil de suelo se escogió de la Norma NSR-98 mencionado en la evaluación de este parámetro. Los tipos de perfil de suelo que se encontraron son S1 y S2, en donde predomina el S1, que por sus condiciones corresponde a depósitos menos susceptibles a fenómenos de inestabilidad del terreno de una zona.

El mapa temático de Evidencia de Fenómenos Antiguos de Deslizamientos se realizó con base en la información del proyecto de **Inventario de Fenómenos de Remoción en Masa** de los Ingenieros Civiles Juan Carlos Villalobos y Antonio Espeleta (este mapa fue corregido y adaptado a este proyecto). Las viviendas que se encuentran en el cerro San Pablo han presenciado fenómenos de remoción en masa, que son provocadas principalmente por las canteras de explotación minera ubicadas en estas zonas, también han presenciado estos fenómenos geológicos algunos barrios aledaños a este cerro como son el Pando, Mariaeugenia, 1° de Mayo, que por las obstrucciones que causan las viviendas sobre las quebradas intermitentes de aguas lluvias producen deslizamientos de tierra y flujo de lodo, al igual que en San Jorge, San Martín, Nacho Vives, Ziruma, 11 de Noviembre, 20 de Octubre, barrios aledaños al cerro de las Tres Cruces, Vía Troncal en el sector de Gaira, Pantano, Chimila II, Luis R. Calvo y 17 de Diciembre.

El mapa temático del Clima se realizó con base a los datos de precipitación (anexo G al J), tomando la situación más crítica que es la precipitación máxima anual (146 mm) con un puntaje de 8.

El mapa del Factor Antrópico presenta las áreas de influencia de la actividad humana sobre las condiciones naturales del terreno, las zonas mas afectadas por este, son los que se encuentran en los barrios San Pablo Mariaeugenia, Pastrana, 1° de Mayo, Pando, Malvinas, las Vegas, Chimila, Bastidas, Miguel Pinedo, Ondas del caribe, Corea y las Murallas. Pero la zona crítica de mayor grado de afectación es la del cerro San Pablo, ésto se debe a que en esta zona se presentan dos canteras de explotación minera como son la cantera Marmolete que actualmente está abandonada y sin ningún plan de mitigación de proceso de erosión y la cantera Calderón que actualmente está en uso, también por la obstrucción de vivienda sobre los drenajes de aguas lluvias.

En el mapa de Susceptibilidad de Amenazas Geológicas Potenciales que es el objeto del estudio y que fue hallado por la superposición de los mapas temáticos mencionados anteriormente, de acuerdo a la clasificación de estabilidad establecida por la metodología (Ramírez y González), se encontró que las áreas que presentan deslizamientos activos y de mayor amenaza son los que limitan los

barrios San Pablo, Mariaeugenia, Pastrana, 1° de Mayo, Pando, Malvinas, las Vegas, Chimila, Bastidas, Miguel Pinedo, San Jorge, Nacho Vives, San Fernando, 17 de Diciembre, 11 de Noviembre, 20 de Octubre, San Martín, Tayrona, Pantano, barrios aledaños al cerro de las Tres Cruces, Rodadero Reservado, Vía Troncal en el sector de Gaira, Simón Bolívar, Minuto de Dios, Urb. El Cisne, Vía a Minca, Vía a Taganga, Ondas del Caribe, Corea y las Murallas. Las zonas que no presentan evidencias de inestabilidad y que son consideradas como estables son el Centro, Libano, la Concepción, Bureche, Universidad del Magdalena y las zonas que se muestran en el mapa con clasificación I.

## 16. RECOMENDACIONES

De acuerdo al mapa de Susceptibilidad de Amenazas Geológicas Potenciales del Distrito de Santa Marta, que se obtuvo de una serie de análisis de los principales factores contribuyentes y detonantes que determinan la estabilidad de una zona, se puede recomendar:

➤ Teniendo el mapa de susceptibilidad que muestra las áreas amenazadas por los fenómenos geológicos potenciales, se recomienda hacer estudios de riesgos y amenazas detallados en las áreas con de Clase VI y V (Inestables), para determinar las pérdidas esperadas o potenciales de los elementos o conjunto de elementos debido a la amenaza determinada. Esos elementos de riesgo son: la vida y la salud de las personas, las actividades económicas incluyendo trabajo, equipos, cosechas, ganado, etc., las viviendas, vías, acueductos, alcantarillados, escuelas, hospitales y demás obras de infraestructura; también es un elemento en riesgo el medio natural como las corrientes de agua, los bosques “flora y fauna”, el aire y demás elementos que lo conforman. Para evaluar la pérdida que podrían sufrir estos elementos debido a un fenómeno determinado es necesario realizar un inventario de los mismos, estableciendo las consecuencias y daños probables, en caso de que se produzca el fenómeno. Así por ejemplo, para el elemento vida y salud de las personas las consecuencias pueden ser la muerte, heridas o enfermedad y el daño se puede expresar en términos del número de personas muertas, heridas o enfermas.

➤ Como en general y con excepción quizás de la vida humana, los daños a un elemento se pueden convertir en costo económico, es común emplear este costo como parámetro de medida de las pérdidas tangibles. Otras pérdidas a considerar son las intangibles, que no se pueden convertir a términos monetarios y su evaluación es mucho más compleja y eventualmente tener un mayor impacto que las tangibles. Por ejemplo, para el elemento vida, las pérdidas intangibles podrían ser los efectos de alteración sociales y psicológicos en el resto de la comunidad.

➤ Siguiendo la parte técnica, a Planeación Distrital se recomienda exigir a los dueños de las canteras (activas o abandonadas) un Plan de Mitigación de Fenómenos Geológicos; a CORPAMAG se recomienda vigilar y limpiar los causes principales del distrito (Río Manzanares, Río Gaira, Quebrada Tamacá, etc.); y a METROAGUA se recomienda hacer un mantenimiento general de las redes de Acueducto y Alcantarillado.

- De otra parte se recomienda que la directiva y profesores del área de geotecnia sigan adelante con los proyectos de investigación que se venían realizando, como por ejemplo el proyecto de Microzonificación Sísmica del Distrito de Santa Marta que era el objetivo de la elaboración de los proyectos de Zonificación de Amenaza Geológica Potenciales y Caracterización Geotécnica del casco urbano de Santa Marta, que son insumo base para la realización del proyecto recomendado.
  
- Se recomienda que el rector junto con el director del programa de Ingeniería Civil hagan gestión para que se concrete un convenio interinstitucional con la Alcaldía, METROAGUA y demás instituciones de carácter publico o privado que hagan parte del desarrollo de la ciudad, para la elaboración del proyecto “Microzonificación Sísmica del Casco Urbano del Distrito de Santa Marta”, tomando como insumo este proyecto (Zonificación de Amenazas Potenciales Geológicas del Casco Urbano del Distrito de Santa Marta). Además, este proyecto debe ser incluido en Plan de Ordenamiento Territorial, con esto la Universidad del Magdalena debe ser líder en la región en esta clase de investigación que benefician a la comunidad.
  
- Se recomienda que la Universidad gestione y proponga con las demás Universidades para incorporar este proyecto a un macro proyecto que reúnan todos los estudios de amenazas geológica de cada región y así obtener un mapa digital de susceptibilidad de amenaza geológica del país, para que el Estado tenga acceso a esta herramienta para la planificación de proyectos futuros que tengan que ver con el desarrollo social del país.

## BIBLIOGRAFÍA

- AYALA, Francisco y otros, 1987. Manual de ingeniería de taludes. Instituto Tecnológico Geominero de España (ITGE) y Estudios y proyectos técnicos industriales S.A. (EPTISA). 456 p. Madrid, España.
- CORPAMAG, 1995. Plan de ordenamiento y manejo integral de la cuenca hidrográfica del río Manzanares. Pág. 25-42.
- FLORES S., María Paz. 1993. Zonificación y Jerarquización de riesgos geomorfológicos en Caleta Cocholgüe, Comuna De Tome, VIII Región. Tesis para Título Profesional de Geógrafo, Universidad de Concepción. Pág. 131.
- INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Tesis y otro trabajo de grado Bogotá: ICONTEC., 1996. 132 p. NTC. 1486.
- INTERNET. <http://www.fao.org>
- ----- <http://www.INGEOMINA.com>
- MILLÁN J. y LOZANO J. (1996a) “ Evaluación de Estabilidad y Análisis de Susceptibilidad Geotécnica a Fenómeno de Remoción en Masa del sector de Ciudad Bolívar, en Santa Fé de Bogotá”, Colombia. IV Simposio Latino Americano Sobre Riesgos Geológicos en Áreas Urbanas, San José de Costa Rica.
- MOGENS, Gallardo Ehlers, MARCUSSEN. Evaluación de Riesgos Naturales y su relación al Urbanismo. Centro EULA-Chile, Programa de Doctorado en Ciencias Ambientales. 37 pág. 1997. Concepción, Chile.
- MONTERO, Juan y otros, 1997. Manual para el control de erosión. INVIAS y CORPOCALDAS. 239 p. Manizales, Colombia.

- RAMIREZ y González A., 1989. Evaluación de estabilidad para zonas homogéneas. V Simposio Suramericano de Deslizamientos. P 174 - 192. Paipa, Colombia.
  
- SISTEMA NACIONAL PARA LA PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE DESASTRES S.N.A.P.D., 1993. Evaluación del potencial de licuación. Comisión asesora de riesgo sísmico y volcánico, Decenio internacional para la reducción de desastres. 39 p. Santa Fé de Bogotá.
  
- SOCIEDAD COLOMBIANA DE GEOTECNIA, VI CONGRESO COLOMBIANO DE GEOTECNIA, Erosión. Memorias Vol. 1 Bucaramanga, Octubre de 1996.
  
- ----- VIII Congreso Colombiano de Geotecnia 2000\_\_ Modelo geológico y geotécnico de Neiva.
  
- SUAREZ, Jaime, 1998. Deslizamiento y estabilidad de taludes en zonas tropicales. Universidad Industrial de Santander. 548 p. Bucaramanga, Colombia.
  
- TESIS DE GRADO, Recuperación Fluvial de la Quebrada Tamacá y propuesta de manejo en su parte baja. De León, Doris; Rodríguez, Nader. Estudio Hidrológico. Año 2002
  
- ----- Plan de manejo integral de la cuenca Hidrográfica del río Gaira. Frayte, Verenice; Jiménez, Erick; Pavón, Ronald; Omar, Valero. CORPAMAG - UNIMAG. Año 2000.

# ***ANEXOS***



## ANEXO A. Ficha Técnica

### FICHA TÉCNICA PARA RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN

Nombre del Estudio o Informe: \_\_\_\_\_

Autores: \_\_\_\_\_

Fecha de Edición y Publicación: \_\_\_\_\_

Nº de paginas: \_\_\_\_\_ , Pagina en que se Encuentra lo Consultado: \_\_\_\_\_

Fuente de Estudio Donde se Localiza: \_\_\_\_\_

Resumen del Contenido Consultado: \_\_\_\_\_

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

OBSERVACIONES: \_\_\_\_\_

---

---

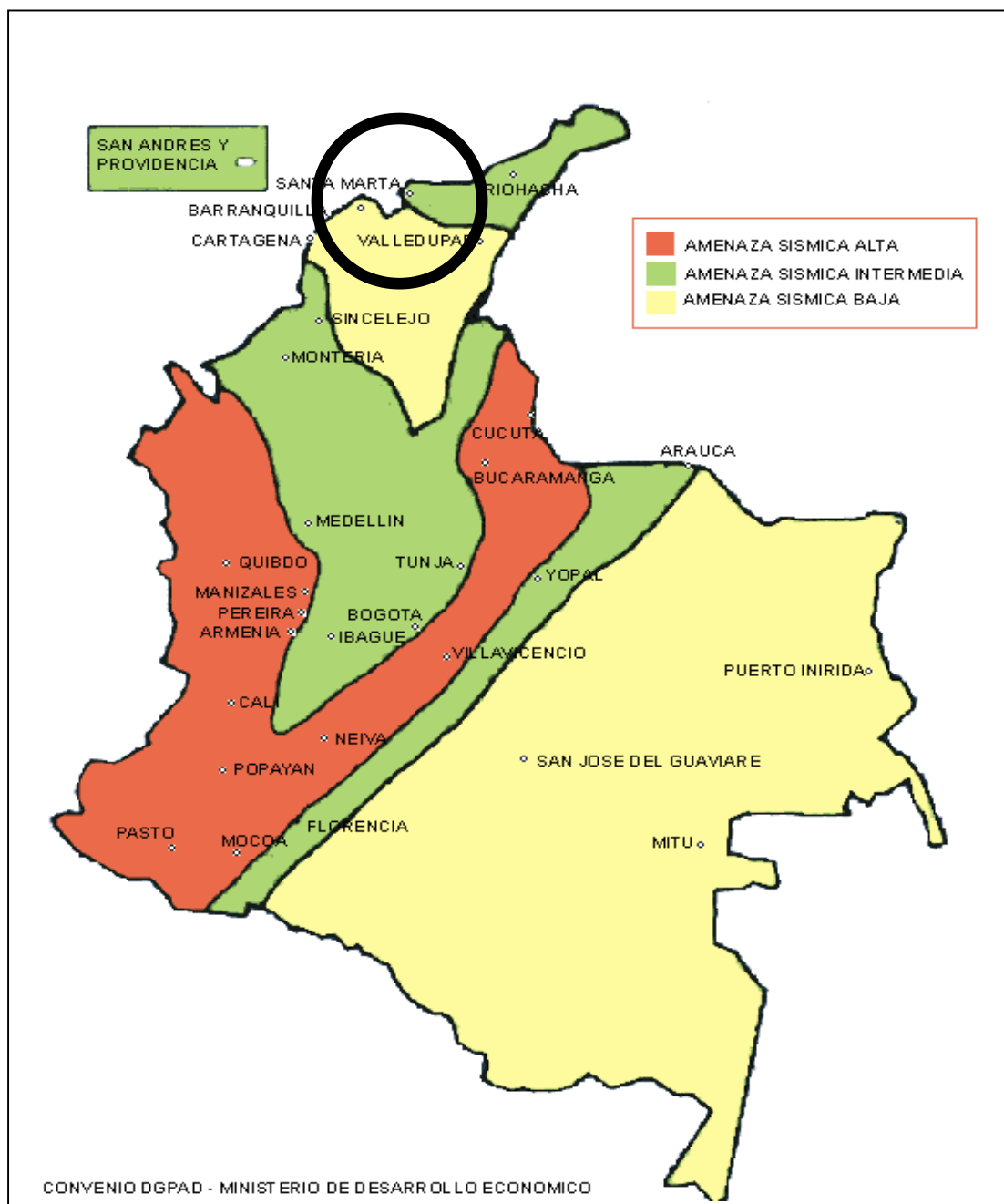
---



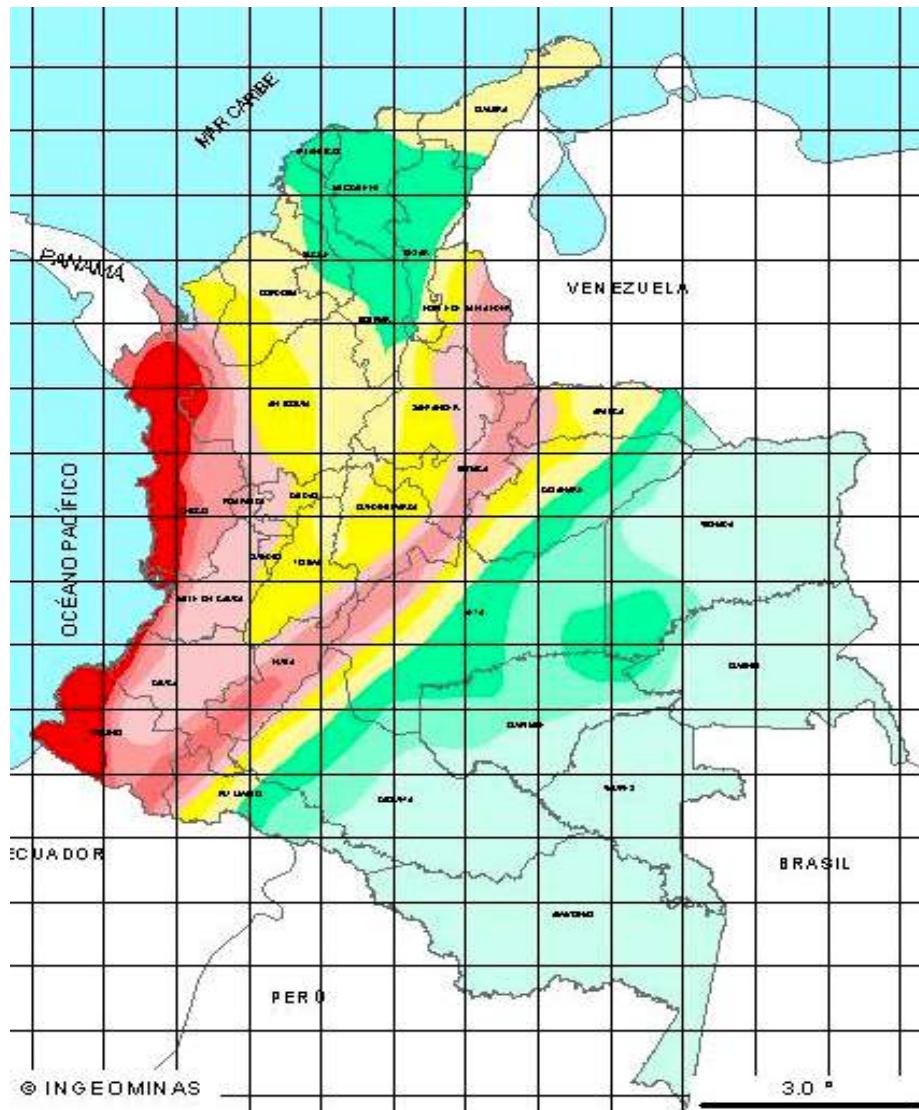
## Anexo B. Categorías de Evidencia de Inestabilidad

CATEGORÍAS	TIPOS DE EVIDENCIAS
1. Morfología	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Presencias de escarpes de deslizamientos (estabilizados o no).</li> <li>• Presencia de sistemas de fisuras y grietas</li> <li>• Superficies de terreno “lobuladas” y conforma de lengüetas.</li> <li>• Presencia de abombamiento hacia la parte baja de la laderas, como resultado de presiones de contacto por acumulación de material.</li> <li>• Superficie de ruptura y plano de corte que muestren evidencias de desplazamientos.</li> </ul>
2. De vegetación	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Presencia de árboles inclinados o curvados en el sentido de la pendiente.</li> <li>• Desprendimiento de la cobertura vegetal.</li> <li>• Diferencias apreciables en los tipos de vegetación entre un área presumiblemente inestable y las zonas aledañas a ellas.</li> </ul>
3. De drenaje	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Presencia de empozamientos y depresiones mal drenadas.</li> <li>• Cursos de corrientes interrumpidos.</li> </ul>
4. Asociada a obras civiles	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inclinación de postes o torres de transmisión.</li> <li>• Desplazamiento de cimientos de tuberías, oleoductos, acueductos, etc.</li> <li>• Deformaciones (desplazamientos hundimientos) en la banca de las vías.</li> </ul> <p>Agrietamiento de vivienda y estructura en general.</p>

## Anexo C. Mapa de Amenaza Sísmica de Colombia



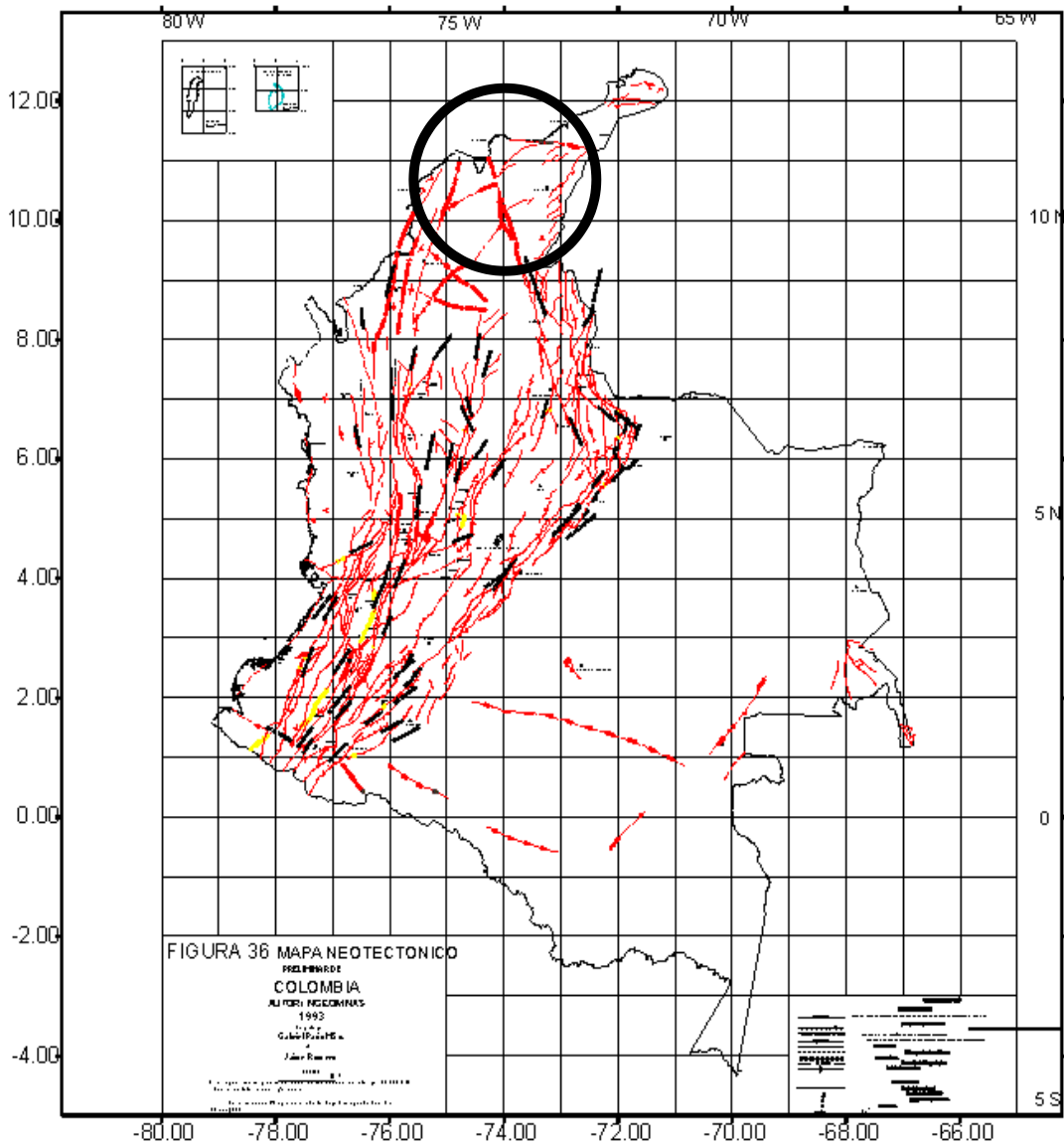
## Anexo D. Mapa De Amenaza Sísmica y Valores de Aa



### Valores de aceleración Aa (g)

0.05 (Baja)	0.2 - 0.25 (Alta)
0.05 - 0.075 (Baja)	0.25 - 0.3 (Alta)
0.075 - 0.1 (Baja)	0.3 - 0.35 (Alta)
0.1 - 0.15 (Intermedia)	0.35 - 0.4 (Alta)
0.15 - 0.2 (Intermedia)	

## Anexo E. Mapa Neotéctonico de Colombia





## Anexo G. Valores máximos mensuales de precipitación en 24 horas (mms) Estación MINCA

FECHA INSTALACIÓN: 1962-NOV.

ESTACIÓN: 1501001	UNIMAG	
LATITUD : 11°08' N	TIPO EST. : PM	DPTO : MAGD
LONGITUD: 74°02' W	ENTIDAD : 01 IDEAM	MUNICIPIO : STA MTA
ELEVACIÓN: 0640 msnm	REGIONAL: 05 MAGD	

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sep	Octubre	Noviembre	Dic
1981	8	24	29	33	40	50	61	56	41	63	40	39
1982	24	10		10	44	21	13	20	48	35	22	8
1983		10	8	12	92	32	84	30	85	51	22	
1984	10			55	48	60	80	22	..44	78	46	10
1985				10	20	23	42	54	90	90	25	26
1986		0.5	6	10	17	53	5	52	13	85	9,9	25.2
1987	15.8	2.7	0.4	83	62.2	18.3	78.2	69.3	91	67.3	44.8	8.2
1988				33.8	52.8	88.2	96.7	91.6	68.4	68.8	107.9	0.5
1989		0.3	0.5	0.6	30.8	80.2	50.8	38.2	68.4	34.7	35.2	83.4
1990		0.3		60.5	86.5	76.9	48.2	68.2	57.6	7.3	15.8	49
1991		42	18	21	30	32	21	37	78	82	85	6
1992				67	83	52	83	83	92	85	30	
1993	9		8	20	140	41	22	81	87	48	85	9
1994				35	72	14	78	60	73	45	60	3
1995			9	78	45	65	57	75	80	50	10	
1996		1	137	69	56	78	53	62	80	89	60	3
1997		1		14	36	118	40	20	39	28	34	32
1998		8	20	19	71	52	49	40	60,	40	80	40
1999		1	3	20	40	50	40	70	52	50	70	100
2000	3	31		19	33	40	104	62	99	45	64	16
2001			5	6	81	42	56	69	32			

## Anexo H. Valores máximos mensuales de precipitación en 24 horas (mms) Estación Aeropuerto Simón Bolívar

FECHA INSTALACIÓN: 1952-JUN.

ESTACIÓN:	1501504	UNIMAG	
LATITUD:	11°08' N	TIPO EST.	SP
LONGITUD:	74°14' W	ENTIDAD	01 IDEAM
ELEVACIÓN:	0004 msnm	REGIONAL	05 MAGD
		DPTO	MUNICIPIO STA MTA

Año	Ene	Feb	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agost	Sep	Oct	Nov	Dic
1952						3	2.2	3.1	84.2	3.8	0.3	0.8
1953	0	0.1	0	0	0.3	2.4	0.2	1.9	0.8	9.2	0.3	0
1954	0	0	0	0.3	4	22.3	0.8	2.4	61.4	2.6	26.8	0
1955	0	0	0	0	2.2		13.1	24.7	3.5		0.2	0
1956	0.4	0.2	0	0.2	0.7	1.1	0	0.8.	0	0.5	0.5	0
1957	0	0	0.6	0	53.1	9	8.4	13	56.5	21.8	0.4	0
1958	0	0	0	0.4	121	6.7	49.7	35.5	0	15.9	0	0
1959	0	0	0	0	6,4	25.6	2	1.1	4.9	20.7	0.2	0
1960	0	0	0	8	15.5	53.9	49.9		31	55	34.2	3.4
1961	0	0	0	4.4	0	67.2	78	5	30			
1962												
1963	0	18	0	0.2	0.2	1.3	13.4	0.6	25.2	71.9	81.9	0
1964	0	0	0	25.2	2.2	51	204	60	144	71	83	0
1865						3.2	0	40.2	43.2	74.7	110.2	0
1966	0	0	5	1	18	104	40	8	21	89	26	27
1967	0	0	0	0	1	67	31	6	75	54	22	0
1968	0	0.1	0	4.5	10.7	94.1	17	16.6	4		9.1	0
1969	0	0	6	35.5	0.6	79.1	0.6	106.7	61.5	32.5	95.9	0.1
1970	58.9	0	2	25.8	124	115	160.	72.5	94.7	13.8	109	9
1971	15	0	0	4	18	47.3	7					0
1972	0	0	0	0	0	45.2	0	15.1	43.2	110.6	3.6	0
1973	0	0.5	0	5.2	15.6	22.6	165.	81.1	97	293.8	55.6	0.4
1974	0	0.6	0.6	0.1	101	130	56.7	31.5	103.3	150.3	69.1	0.7
1975	0	0	6	0	2.7	51.1	144.	54.2	58.6	152.5	59.5	24.3
1976	0	0.2	0	0.7	1.6	41.6	1.5	75.2	23.2	67.9	40.1	0

## Anexo I. Valores máximos mensuales de precipitación en 24 horas (mms) Estación Universidad del Magdalena

FECHA-INSTALACIÓN: 1973-JUN.

ESTACIÓN:	1501504	UNIMAG	
LATITUD:	1114N	TIPO EST.	CO
LONGITUD:	74°13' W	ENTIDAD	01 IDEAM
ELEVACIÓN:	0007msnm	REGIONAL	05 MAGDALENA
		DPTO	MAGDALENA
		MUNICIPIO	SANTA MARTA

Año	Enero	Feb	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agost	Sep	Oct	Nov	Dic
1981	19.4	9.7		41.4	21	32.8	33.7	60.0	34.0	90.8	36.3	32.2
1982	0.6			24.8	55.6	14.2	16.4	12.9	93.5	35.9	2.7	34.2
1983		5.4		3.8	2.8	93.9	28.8	6.8	31.8	72.0	4.6	
1984				0.6	1.3	45	30.9	22.3	23.3	80.9	43.2	9.8
1985					49.5	5.2	20.4	55.6	13.6	67.8	17.0	35.0
1986	5.5			16.5	95.7	2.4		21.6	8.4	56.6	6.4	18.7
1987	1.9		2.5	36.8	80.5	8.8	87.2	48.4	48.4	38.4	31.4	17.5
1988				0.3	18.8	62.8	65.0	85.0	36.4	74.0	54.2	
1989			36.8		3.9	31.7	56.6	130.6	76.7	23.5	30.2	17.6
1990				13.5	13.2	16.8	3.0	9.4	67.8	58.4	105.6	49.2
1991		5.7	0.5		3	35.2	5.1	18.8	29.4	31.8	23.0	0.5
1992				50.2	23.2	49.2	38.4	59.0	53.4	43.4	30.6	
1993				7.7	54.6	10.9	12.6	21.5	52.2	37.6	55.9	1.5
1994				0.3	32.4	0.7	11.7	32.6	13.5	23.6	24.6	
1995			0.4	23.4	4.2	20	17.6	35.4	102.8	19.2	6.2	3.2
1996	1.6		30	3.6	7.5	21.8	23.8	5.6	23.6	126.4	77.8	9.8
1997	0.1			1.2		94.4	28.7	23.5	42.6	31.2	8.5	
1998		5.2		2.8	38	125	14.2	107.8	47.6	34.5	21.6	289
1999		1.5	0.2	4.4	3.8	41.8	49.5	68.8	61.6	27.6	87.6	52.2
2000	1.5	6		0.1	3.8	110.8	27.0	25.5	72.6			
2001					39.6				11.5			



## Anexo J. Valores máximos mensuales de precipitación en 24 horas (mms) Estación San Lorenzo

FECHA-INSTALACIÓN: 1969-JUN.

ESTACIÓN:	1501504	TIPO EST.	CP	DPTO	MAGD
LATITUD:	11°07' N	ENTIDAD	01 IDEAM	MUNICIPIO	STA MTA
LONGITUD:	74°03' W	REGIONAL	05 MAGDALENA		
ELEVACIÓN:	2200 msnm				

Año	Enero	Febrer	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agost	Sep	Oct	Nov	Dic
1969	131,1	25	18,7	349	199,9	475	224	508,5		211,6	381	126
1970	112,6	24	53,5	142	397,7	334	389	490,5	642	385	152,8	313,6
1971		10,9	7,8	71,7	242,3	276	255	396,3	327,8	293,4	268,8	2,1
1972	2,6	3	69,2	333	359,1	188	118	259	239,7	210,3	200,8	33,4
1973	0	2	0,8	89,6	346,1	293	245	466,3	426,9	380,5	352,8	23,5
1974	7	4,5	59,3	132	225,4	225	192	231,1	654	396,7	298,4	3,5
1975	6,9	8,8	27,3	1,9	138,4	249	524	471,6	543,1	479,4	301,3	176
1976	0,5	13,4		70,5	108,8	325	100	374,3	283,7	458,5	168,4	26,5
1977	5,1	0	0	31,3	358,7	475	97	583	272,7	317	177,8	
1978	0	2,7	12,6	174	292,9	381	541	314,6	393,1	428,9	272	51,4
1979	1,2	1	26,1	269	303,9	464	340	314,4	530,7	354	338,5	78
1980	32	15,8	1,3	73,1	180,3	215	375	230,2	351,5	436	293,2	66,1
1981	17,2	92,5	18,2	430	373,8	337	344	311,7	420	524,8	244,2	150,3
1982	91,5	29	15,5	68,4	311,2	208	112				181,5	35,7
1983	0,2	16,4	8,2	145	163,9	336	373	316,5	360,3	386,5	77,8	35,8
1984	13,8	13,1	3,3	101	159,4	265	247	353	474,6	446,7	312,3	22,3
1985	9,6	11,7	9,6	77,1	119,1	167	403	356,4	577	550,5	172	154,1
1986	13,6	27	26	235	266,9	312	143	340,4	315,7	405	99,1	29,6
1987	55,1	9,5	35,1	429	304,9	290	473	440,6	413,1	318,2	142,8	79,1
1988	2	4,1	8	147	310,2	458	573	644,9	531	492,4	222	46,9
1989	3,3	36,7	20,2	13,3	236,2	156	400	384,6	494,2	285,7	206,7	83
1990	4	3	6,4								371,9	120,3
1991		168,6	71,4	126	201	253	134	324,9	363,1	358,8	382,8	15,3
1992	0,2	0	0,3	206	577,4	356	404		370,3	242,1	58,7	48
1993	43,7	20,1	60,4	178	486,3	188	198	299,8	397,4	205,3	130,2	14,1
1994	0	0,4	7	66,7	130	83	87	211,9	231,2	263,6	265,8	0
1995	10	0	115,7	148	208,7	325	488	479,1	405,4	249,6	87,9	24,6
1996	12,2	28,3	93,8	126	400,1	285	445	223,6	447,9	385,9	427	78,2
1997	8,7	14,8	0	101	219,8	578	172	215,9	339,1	350,2	124,6	

**Anexo K. Temperatura (°C) Periodo 1986-1995 Apto Simón Bolívar**

<b>Meses</b>	<b>1986</b>	<b>1987</b>	<b>1988</b>	<b>1989</b>	<b>1990</b>	<b>1991</b>	<b>1992</b>	<b>1993</b>	<b>1994</b>	<b>1995</b>
<b>Enero</b>	27	27.3	27.2	27	27	27	27	27.7	28.2	27.5
<b>Febrer</b>	27	27.1	27.9	28	27	28	26	27.9	27.8	27.6
<b>Marzo</b>	28	28	28.4	28	28	28	28	28.3	28.1	27.5
<b>Abril</b>	28	28.9	28.9	29	29	29	27	29.1	28.5	29
<b>Mayo</b>	29	28.8	29.1	29	29	29	27	28.7	29.3	28.9
<b>Junio</b>	28.7	29.9	27.1	29	28	29	28	29.5	29.7	29
<b>Julio</b>	29.5	23.7	28.7	29	28	28	28	29.5	29.8	28.4
<b>Agosto</b>	29	29	27.9	28	28	28	28	28.9	27.6	27.9
<b>Sep</b>	27.8	28.4	27.2	28	27.2	28	28	27.4	27.2	28.6
<b>Oct</b>	27.3	28.4	27.2	28	27.3	28	27	28.3	27.8	27.5
<b>Nov</b>	28	28.7	27.2	28	27.1	28	27	28	27.3	28
<b>Dic</b>	27	28.5	26.5	28	26.8	27	26	27.7	27.3	27.7
<b>Prom. A</b>	28	28.1	27.7	28.2	27.8	28	27.2	28.4	28.2	28.1

# *Registro Fotografico*

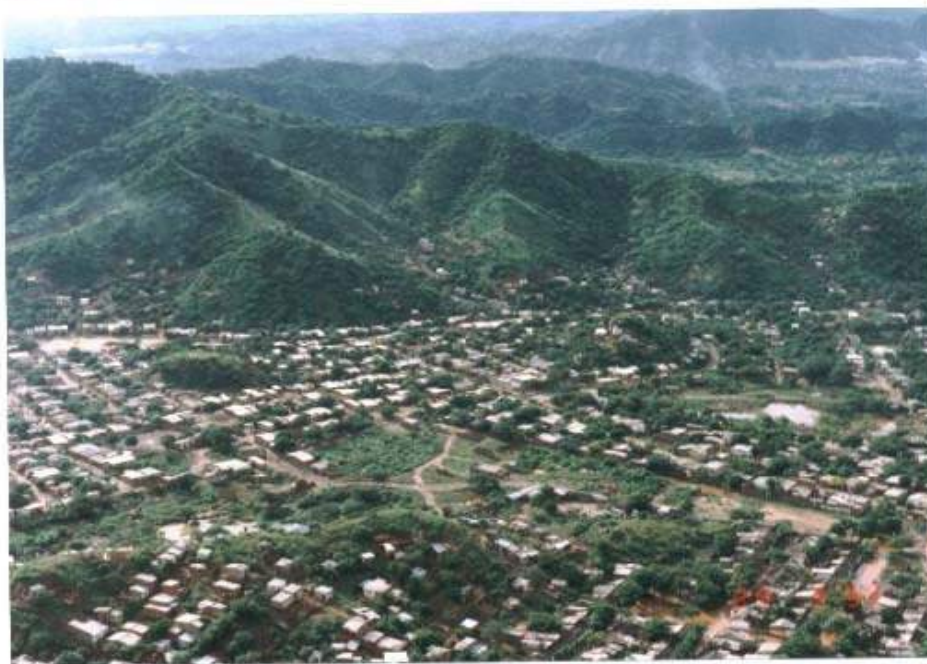
## Anexo L. Registros Fotográficos

### ➤ CANTERAS QUE SE ENCUENTRAN DENTRO DE LA ZONA

#### Cantera Marmolete



## Cantera Calderón





## Cantera Tritupisvar



## Cantera Cerro de la Tres Cruces





**Cantera Ilegales (vía Taganga)**

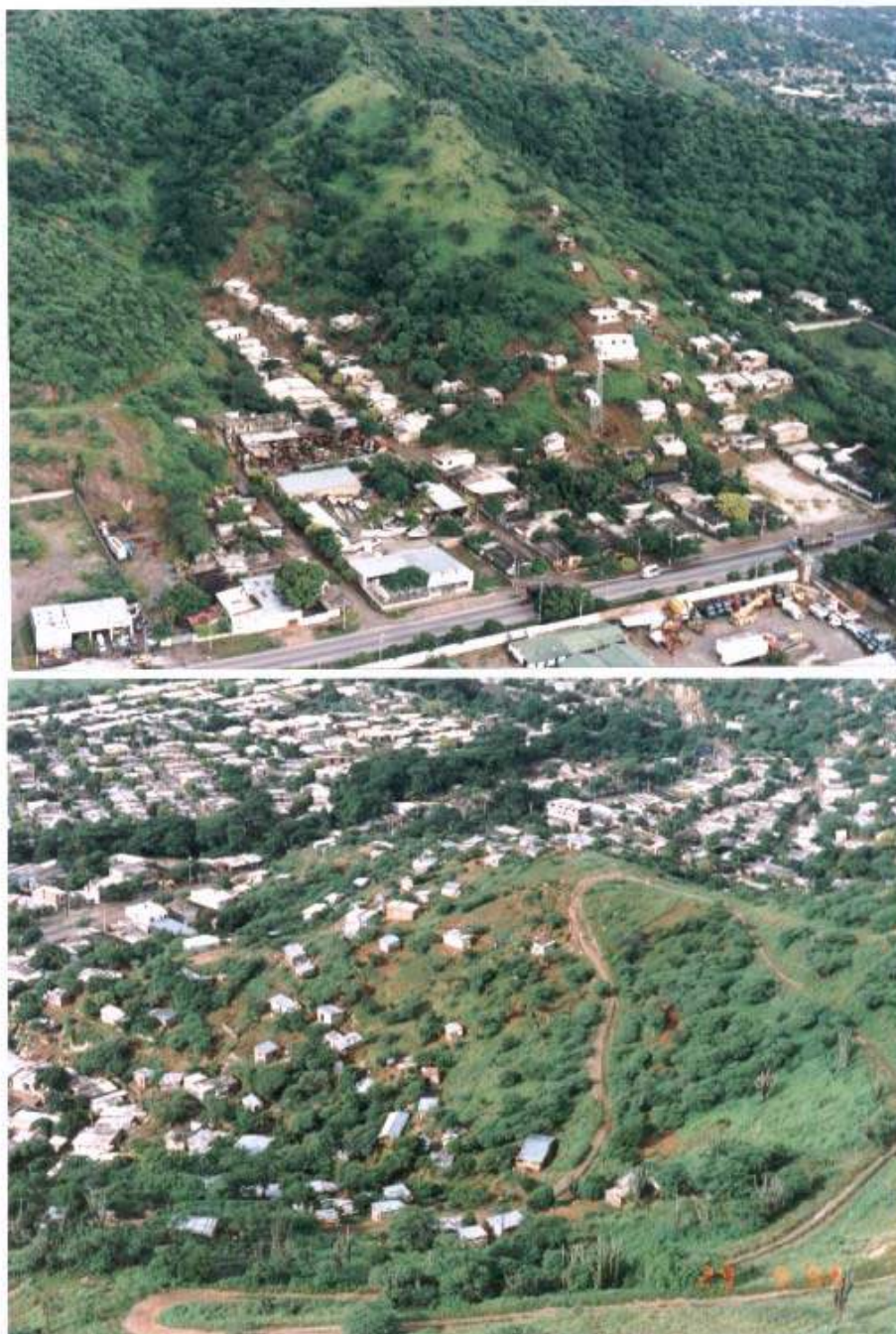


**Cantera Ilegal (Barrio Chimila)**





## Invasión de las Ladera del sector del Barrio la Lucha



## Invasión Ladera sector Rodadero

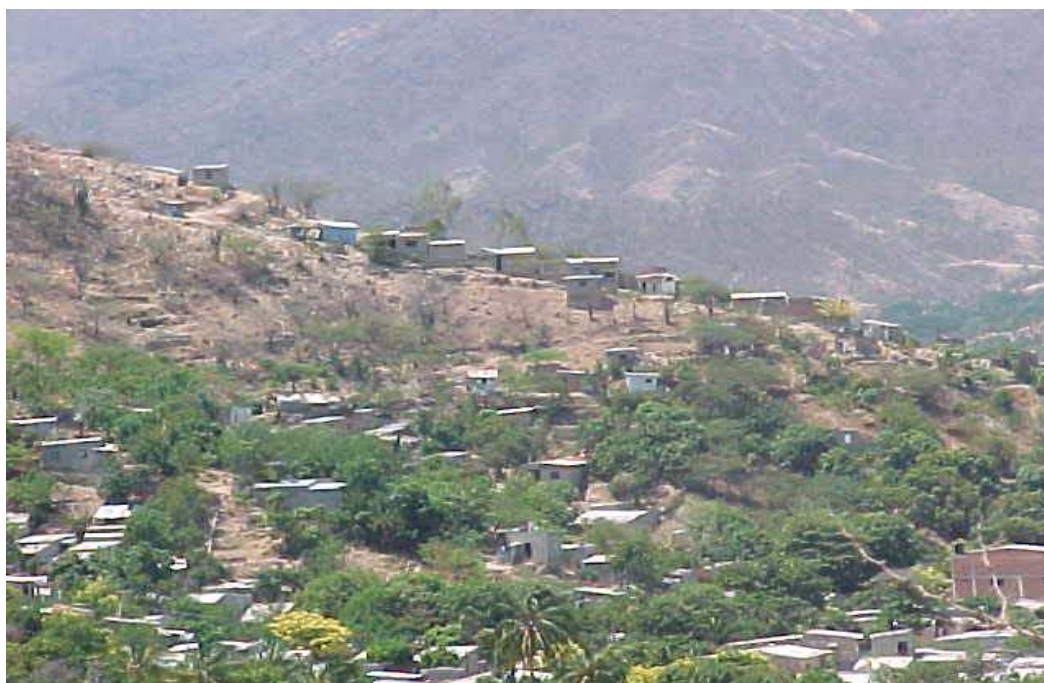




## **Invasión Ladera sector Cerro de las Tres Cruces**



## Invasión Ladera sector Gaira





### **Invasión Ladera sector San Pablo**



### **Invasión Ladera sector Pastrana**





## Invasión Drenajes Naturales sector Juan XXIII





### **Invasión Drenajes Naturales sector San Jorge**

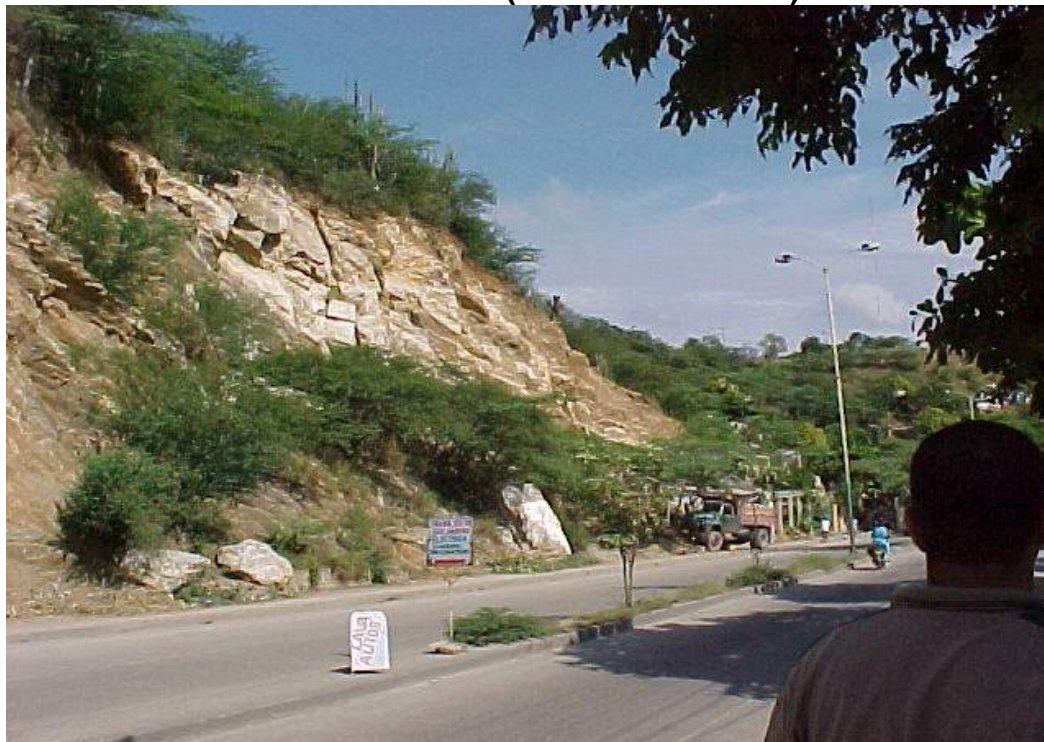


### **Invasión Drenajes Naturales sector 17 de Diciembre**





**Cortes de vía sector Avenida del Río (cerro Tres Cruces)**



**Cortes de vía sector Vía Rodadero**





**Cortes Terraseo Barrio san Jorge**



**Cortes Terraseo Barrio san Jorge**



### **Cortes Terraseo Barrio Nacho Vives**



### **Cortes Terraseo Barrio 1° de Mayo**





**Río Gaira**



**Río Manzanares**



### **Inundación en el Barrio Pescadito**



### **Desbordamiento del Río Manzanares**

